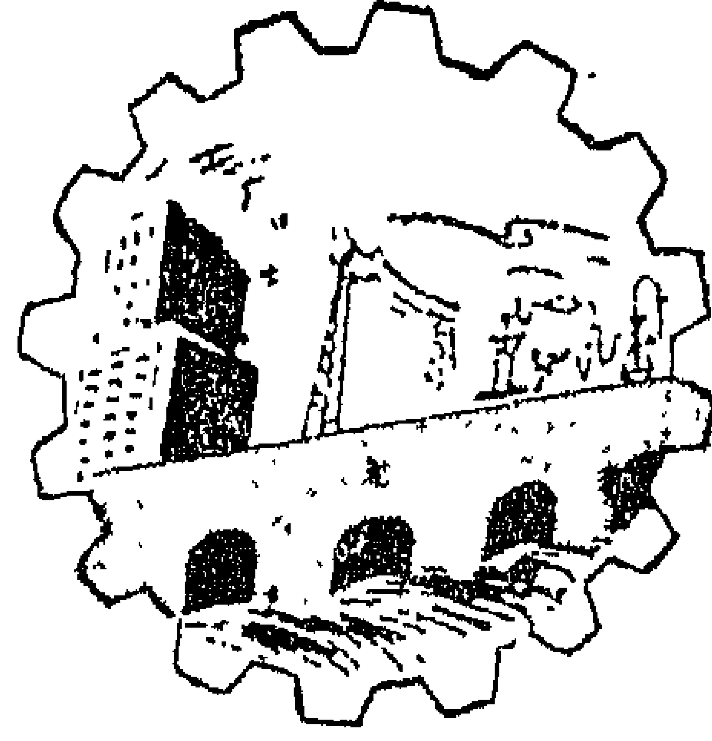
ESEN-CPS-BK-0000001069-ESE

00471256



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

المجلد الثامن | العدد الأول | يناير - فبراير - مارس ١٩٦٩

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية
١٩٦٩/٢٩٨

مجلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثامنة العــدد الأول يناير — فبراير — مارس ١٩٦٩

محتويات لهذا العدد

القسم العربى

القسم الافرنجى

بيانات :

مقر المجلة :

جمعية المهندسين المصرية
٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة
تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون فى المجلة بحكم عضويتهم

الاشتراك السنوى :

	للمهندس	للهيئات
لغير الأعضاء :	٦٠ قرشاً	٢٠٠ قرش

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية ، أى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن آراء التحرير تنشر وتعبر عن رأى كاتبها فقط

لجنة التحرير

مجرد كلمة :

لأعضاء المؤتمر الهندسي العربى الحادى عشر

منذ سنوات ، والعالم كله يتحدث عن التجارب الفضائية الهائلة التى حققها الإنسان . هذه التجارب التى نتوقع أن نصل بها إلى القمر خلال العام الحالى .

فإذا حدث هذا حقيقة ، فسوف يكون الإنسان قد حقق معجزة فى القرن العشرين . وإذا كنا نقول دائماً إننا لم نعد فى عصر المعجزات — فإن العلم هو معجزة هذا العصر .

وهذا العلم الذى حقق هذا النصر الكبير ، لا يتوقف عند حدود العلوم الفضائية فقط ، ولكنه يتعداها .. لينسحب على علوم الهندسة ، والاقتصاد والصناعة ، والكيماويات ، وغيرها من علوم عصرنا الحديث .

وإذا كان الإنسان قد حقق بالعلم انتصارات كبيرة — ومذهلة ، فإن العلم الذى يجب أن يسخر لخدمة الإنسان نفسه ، لا يعطى الإنسان إلا القليل فلقد أصبح الجانب الأكبر من العلوم موجهاً فى الأساس إلى خدمة الصراع الدولى الكبير بين المعسكرين المتنافسين . هذا الصراع الذى يسرق فى النهاية كل جهود الإنسان من أجل رفاهيته ، ومن أجل حياة أفضل له . من هنا ، يقف العلم موقفاً متأرجحاً . ومن هنا — من خلال هذا الصراع الدولى — يفقد الإنسان كثيراً من خيراته .. وكثيراً من جهوده .. لخلق مناخ أفضل يمكن أن تتنفسه الإنسانية .. ومن هنا أيضاً — من خلال هذا الصراع الدولى — تضيع على الدول الفقيرة .. والنامية فرصة خلق الظروف الأحسن وفرصة أن تلحق هذه الدول بركب الحضارة الذى ينطلق بسرعة الصاروخ .

لكننا .. برغم هذا كله ، لا نستطيع أن ننفى أن الدول النامية استفادت من العلم كثيراً . واستفادت من التطور الحضارى الضخم الذى لم تعرفه البشرية خلال تاريخها الطويل ، هذا التطور الذى حققه العلم خلال السنوات الأخيرة بالذات .

من هنا .. للمرة الثالثة — يتحتم على الدول النامية أن تقف صفاً واحداً فى وجه هذا الصراع الدولى .. حتى لا تظل فى تخلفها ، وحتى لا تظل تصارع وتفقد الكثير من قواها من خلال هذا الصراع . وإذا كانت الدول الكبرى تقف فى بداية الصراع يسندها التطور العلمى الكبير ، فإن منطقتنا العربية هى الأخرى تحاول أن تسرع الخطى ، لتلحق بهذا الركب الحضارى ومن الممكن أن نجد ذلك محققاً بشكل ممتاز فى الجمهورية العربية المتحدة . فمن خلال التجربة الاجتماعية التى تعيشها ج. ع. م. يمكن أن نجد إصراراً كبيراً من أجل خلق ظروف معيشية أحسن للمواطن العربى على أرضها . ليس هذا فقط .. وإنما من أجل ظروف حياتية أحسن للمواطن العربى على كل أرض .. من خلال الخبرات التى تقدمها للدول الشقيقة .. ولا تبخل بها فى أى وقت .

هذا الاصرار يتضح تماماً فى مشاريع التصنيع الكبرى فى ج.ع م وفى المشاريع الهندسية الضخمة ، وفى غيرها من المشاريع سواء فى مجال الزراعة أو الرى أو البناء ، أو البترول أو الصناعات الكيماوية .

ولم تكن الصناعة وحدها هى النشاط الإنسانى على الأرض المصرية ، فقد استتبع هذا بالضرورة أكثر من جانب :

— وصل تعداد الأيدى العاملة فى الجمهورية العربية المتحدة إلى أكثر من ٧ مليون عامل .

— ارتفع دخل الفرد بنسبة كبيرة ، جعله أكثر قدرة على الاستهلاك .

واستتبع ذلك بالضرورة أيضاً .. أن ينتشر العمران على الأرض المصرية من خلال مشاريع الإسكان الهائلة . التى غطت كل محافظات الجمهورية . ومعها قامت مشاريع الكهرباء واستصلاح الأراضى .. وكانت قمة الجهد العربى . هى بناء السد العالى الذى يعتبر واحداً من أكبر المشاريع الهندسية فى العصر الحديث ويعتبر من جهة أخرى .. نموذجا للاصرار على خلق حياة أفضل للانسان .

المطلوب إذن :

إذا كنا قد أخذنا التجربة المصرية فى الجمهورية العربية المتحدة .. كنموذج من النماذج الهامة ، والتى أثبتت فعلا ، قدرة الإنسان العربى أن يبنى نفسه ، وأن يجد لنفسه مكاناً تحت الشمس . فان ذلك لا يعنى أن الجمهورية العربية المتحدة قد انتهت من البناء كاملا ، ولا يعنى

أيضاً ، أن تقف كل دولة عربية وحدها . . فى محاولة البناء . . وإنما هناك بالضرورة . . ارتباط هام ، يجعل من المنطقة العربية وحدة متكاملة . . فى أشد الحاجة إلى إيجاد تنسيق عام بينها . . لخلق نوع من التكامل الصناعى . . والعمرانى ، دون الوقوع تحت ضغط مناطق القوة ، التى تفرضها الكتل المتصارعة . فالمنطقة العربية يربطها تاريخ واحد ، ويربطها مصير واحد ، وتربطها لغة واحدة . . وتربطها أواصر . . هى نوع من الأخوة ، أكثر منها أى شيء آخر . . هذه الصلات تجعل منها وحدة واحدة ، تدفعها بالتالى أو هى تفرض عليها . . ضرورة أن تجمع جهودها من أجل بناء المنطقة ، ومن أجل النهوض بها صناعياً ، واقتصادياً . . واجتماعياً ، لتأخذ مكانها فى ركب الحضارة الحديث . ولتقوم بدورها فى إثراء الحضارة البشرية . . تماماً مثلما كانت يوماً . . منطقة قائدة . . خرج منها النور إلى العالم كله .

وليس من شك أن المنطقة العربية . . تملك من الإمكانيات المادية والبشرية مايجعلها قوة ، تستطيع أن تلعب دوراً كبيراً فى النهوض بنفسها . ليس هذا فقط ، وإنما تستطيع بحق أن تفيد البشرية بما لها من تأثيرات هامة وحيوية بالنسبة للمجتمع الإنسانى كله .

وإذا كانت اللحظة التى نعيشها تعطى ضرورة التكتل الواحد من أجل معركة الحياة ، وتحرير الأرض العربية من الاستعمار العالمى . المتمثل حالياً فى إسرائيل . . فان المستقبل يعطى نفس المعنى . فلا يخفى على أحد . . أهمية المنطقة العربية عالمياً . . مما يجعلها دائماً مجالا للصراع العالمى . . كل كتلة تحاول أن تجذبها ناحيتها للاستفادة من وجودها الهام . ويأخذ معنى الجذب أكثر من شكل سواء بالضغط المباشر أو غير المباشر . . وسواء أخذ شكلا اقتصادياً أو غيره . . من هذه النقطة ، يفرض التكتل ضرورة قيامه ووجوده ، ويفرض التنسيق بين الإمكانيات العامة فى المنطقة .. ضرورة قيامه ووجوده أيضاً . . ذلك أن الاستعمار فى كل أشكاله وصوره ، قد أخر المنطقة العربية عمراً طويلا ، فى وقت كان فيه التطور العلمى والصناعى ، قد قطع شوطاً كبيراً فى معظم بلاد العالم الحديث :

ومع انعقاد المؤتمر الهندسى العربى الحادى عشر بدولة الكويت الشقيق ينبغى أن نتوقف لحظة ، لنقول كلمة . . . هى كلمة أمل فى هؤلاء الذين يمثلون المنطقة العربية :

— إن المجتمعين . . يمثلون أرقى مستويات الفكر فى المنطقة العربية .

— إن المجتمعين . . هم أكثر من غيرهم معرفة بمعنى الدولة المصرية ودور العلم فيها .

— إن المجتمعين . . يمثلون القيادات العلمية لشعب عربى يزيد تعداده عن مائة مليون عربى.

— إن المجتمعين . . خبروا الدول الغربية . ولمسوا مدى التقدم الهائل الذى أحرزته هذه الدول . وهم أيضاً يلمسون مدى تأخر المنطقة العربية . . بالنسبة للتقدم العلمى .

— إن المجتمعين .. قادرون أكثر من غيرهم على مد بصرهم وبصيرتهم لاستكشاف الغد بشكل علمى . . دون وقوع تحت سيطرة أحلام أو عواطف .

ومن هـــذا المعنى كله . . يحمل المجتمعون فى المؤتمر الهندسى العربى الحادى عشر بالكويت ، مسئولية عظمى حيال الشعوب العربية . . هى مسئولية . . مصير . . وضمير .

وفى النهاية . . نحن ندعو المؤتمر بالنجاح الكامل . . وندعو إلى وقفة عربية متحدة ، ومتكاملة . . من أجل غد أفضل . . للمواطن العربى على أرضه .

. . غد . حر . كريم . سعيد .

لجنة التحرير

* * *

تدريب المهندسين والفنيين وأهميته للاقتصاد القومي

للأستاذ الدكتور أسامة أمين الخولي

إن المتتبع لسير تطور قوى الإنتاج فى التاريخ الحديث يلاحظ حدوث تحول خطير فى قوى الإنتاج، وعلاقاته فى السنين الأخيرة .. وبالذات فى ربع القرن الماضى. فلقدكانت الصلة ضعيفة — إن لم تكن معدومة — بين العلم النظرى، ومراكز الإنتاج عند قيام الثورة الصناعية فى القرن الثامن عشر. وتعتبر الثورة الصناعية بداية تحول واضح فى قوى الإنتاج وعلاقاته ترتكز عليها حضاراتنا المعاصرة، كما نعرفها ارتكازاً كاملا. ولقد قاد هذه الثورة الاجتماعية الخطيرة فى مجال الإنتاج مهندسون ورجال أعمال لم يحرزوا قسطاً كبيراً من التعليم، ولقد اعتمدوا فى تحقيق هذه الثورة على عدد من الفنيين الذين اكتسبوا خبراتهم ومهاراتهم الجديدة بطريقة عصامية ومن واقع ممارسة العمل الإنتاجى وملاحظته وتوجيهه منذ الصغر. ولقد استطاع الأفذاذ من هؤلاء الفنيين أن يستغلوا ذكاءهم الفطرى، ومواهبهم الخارقة فى تطوير وسائل الإنتاج وتنميتها دون ما سند من العلم النظرى السائد فى ذلك الوقت. ولقد لقوا كل تشجيع من رجال الصناعة والمال الذين أدركوا أهمية استغلال مواهب هؤلاء الفنيين وتنميتها. ولقد ترتب على هذا أن الوحدات الإنتاجية كانت تتبع فى خلق الأجيال المتتالية من الفنيين والعمال المهرة أسلوب التلمذة الصناعية الذى يقضى بإلحاق الصبى فى سن مبكرة بوحدة الإنتاج واكتساب المهارات والخبرات اللازمة من واقع ممارسة العمل فى موقعه. ولقد كان هذا تطويراً ملائماً لأسلوب التنظيمات الحرفية الذى ساد فى القرون الوسطى بما يناسب ظروف الإنتاج الجديد فى المصانع ووحدات الإنتاج الكبير التى اختلفت فيها العلاقة الشخصية بين الصبى والحرفى الماهر (المعلم).

وما من شك فى أن هذه الصورة كانت تتغير تدريجياً منذ أمد طويل؛ فمن المعروف أن أوربا كانت أكثر اعتماداً فى جهودها للحاق بانجلترا فى سباق الثورة الصناعية على نشاط فئة من العلماء التطبيقيين (النظريين فى بعض المجالات مثل الصناعات الكيماوية) وأخذت العزلة بين العلم والتطبيق (التكنولوجيا) تختفى تدريجياً منذ نهاية القرن التاسع عشر وانشغلت بعض الجامعات (فى كليات الهندسة والاقتصاد والتجارة، وإدارة الأعمال بل والعلوم أحياناً) بمشاكل الإنتاج وإدارته بصورة مطردة. إلا أن الأمر الذى لاشك

فيه أيضاً هو أن هذا الترابط بين العلم والتكنولوجيا دخل مرحلة جديدة تماماً أثناء الحرب العالمية الثانية وأنه أرسى دعائم ثورة اجتماعية جديدة فى ميدان الاقتصاد والإنتاج تعرف اليوم باسم « الثورة التكنولوجية » أو الثورة العلمية — الفنية . ويمكننا أن نوجز الصفات الرئيسية لهذه الصورة الإنتاجية الجديدة فيما يلى :

١ — انتشار الأوتومية والإلكترونيات فى أساليب الإنتاج : وتكفى نظرة عارضة على أية وحدة إنتاجية حديثة ، أياً كان إنتاجها ، ومقارنتها بما كانت عليه منذ ثلاثين ، أو أربعين عاماً فقط ، لكى نرى بوضوح مظاهر وقوع ثورة فى أساليب التحكم فى الإنتاج وأدواته . وتبدو هذه الثورة فى العزوف التدريجى عن الاعتماد على الإنسان بمداركه وحواسه وقدراته المحدودة على الاستجابة لما يحدث أمامه والتأثير فيه فى الوقت المناسب تأثيراً ملائماً ، والركون بدلا من هذا إلى التحكم التلقائى المادى بعيداً عن التدخل المباشر للانسان ويستوى فى هذا التحكم فى مصنع درفلة صلب ، أو حتى فى عمل مخرطة عادية ، والتحكم فى عملية كيماوية معقدة . ومع أن مدى استخدام التحكم التلقائى يتفاوت من صناعة إلى أخرى — فقد كانت الصناعات الكيماوية والبترولية مثلا أسبق بحكم الضرورة فى تطبيقه ، إلا أن الاتجاه الواضح والذى يكتسب أبعاداً جديدة مع مرور الزمن هو نحو مزيد من هذا النوع من التحكم ، لما يضفيه على الإنتاج من دقة وسرعة وضبط أدق لجودته ووفر فى تكاليفه ، من ناحية ، ولأنه يتيح لنا لأول مرة فرصة إنتاج سلع معينة ذات مواصفات دقيقة معقدة تحتاج إلى أساليب إنتاج يعجز الإنسان العادى عن التحكم فيها بنفسه بالدقة المطلوبة ، من الناحية الأخرى .

ولعلنا لسنا بحاجة إلى التنويه بالارتباط الوثيق منذ بداية هذه الحركة بين تحقيق التحكم التلقائى بصورة متزايدة فى الإنتاج وبين تطور الإلكترونيات الحديثة وتغلغلها إلى كل عمليات الإنتاج ، وأدواته بلا استثناء ، فالتقدم المذهل فى الإلكترونيات ، كان العامل الرئيسى فى نجاح الأوتومية وانتشارها ، إنما الجدير بالذكر هنا هو أننا نقف اليوم على أبواب احتمالات هائلة لمزيد من التقدم فى هذا المجال بفضل الاستخدام المتزايد للحاسبات الآلية السريعة (وغالبيتها المطلقة حاسبات الكترونية) . ومن العسير التنبؤ بما سيؤدى إليه هذا من تغيير فى وسائل الإنتاج وإدارته فى السنين العشرة المقبلة مثلا .

٢ — التوسع فى الصناعات الكيماوية : ولعل كثيرين منا لا يذكرون دائماً أن الصناعات الكيماوية — كما نعرفها اليوم — نشاط اقتصادى لا يتجاوز عمره المائة عام إلا بقليل . ولقد زادت معدلات التوسع فى هذه الصناعة زيادة كبيرة تميزها عن غيرها من الصناعات التقليدية فى نصف القرن الأخير . ولقد زودتنا بثروة لم تكن معروفة ، أو متاحة قبلا من المواد ومن بينها ما كان يعتبر بلا فائدة بالمرة فى الماضى . ولقد أتاح هذا لميادين الإنتاج الأخرى بدائل للخامات الطبيعية التى بدأ رصيد العالم منها فى التناقص . ولقد قدمت الصناعة الكيماوية فضلا عن هذا مواد جديدة ذات صفات لا وجود لها فى المواد المستخرجة الطبيعية ، وتحققت بهذا متطلبات قاسية احتاج إليها تطبيق التقدم العلمى فى مجال الإنتاج والاقتصاد . ومن أمثلة هذا اللدائن التى ينتشر استخدامها بسرعة فى الصناعة والمخصبات الاصطناعية ومواد مكافحة الآفات والحشرات فى الزراعة والألياف الاصطناعية المستخدمة فى الكساء .

٣ — تطبيق أساليب علمية قياسية فى تنظيم الإنتاج وإدارته : فلقد أدى التوسع والتعقيد والتنوع فى وحدات الإنتاج الحديثة إلى تشعب وظائف الإدارة اللازمة لتحقيق النجاح فى الوحدة الإنتاجية وتعقدها ، وأصبحت أساليب الإدارة التقليدية التى تعتمد أساساً على صفات الفرد الشخصية، وخصاله ومواهبه غير كافية — على بعض المستويات — لاستيعاب كل هذا التنوع والتعقيد وإعمال الفكر فى هذا كله للتوصل إلى أفضل القرارات فى توجيهه توجيهاً سليما ثم متابعة تفاصيله يوماً بعد يوم وتحديد أوجه الخلل فيه بسرعة والمبادرة إلى تصحيحه .

ويرتكن العمل الإدارى والتنظيمى فى الوحدة الإنتاجية الحديثة إلى مفهوم المنظومة المكونة من عدد من الوحدات ، لكل منها صفاته الخاصة المرتبطة فيما بينها عن طريق أسلوب تحليل المنظومات ، ويستخدم هذا الأسلوب مفاهيم وأساليب رياضية متقدمة ومعدات الكترونية معقدة .

وكمثال لهذا التحول النوعى فى شكل الإنتاج فلنلق نظرة على نمو الإنتاج الصناعى الكلى فى دولة حققت تقدماً صناعياً كبيراً فى السنين الأخيرة[1] ، وعلى نمو عدد من الصناعات الأساسية التى يتكون منها هذا الإنتاج فى مجموعه . وسنرى أنه بينما زاد الإنتاج الصناعى من عام ١٩٦٠ حتى عام ١٩٦٦ بما يربو على ٤٠ ٪ فإن زيادة إنتاج الصناعات المتعلقة بهذه الثورة التكنولوجية كانت كالآتى :

الصناعات الكيماوية	أكثر من ٦٠ ٪
الصناعات الكهربائية	حوالى ٧٠ ٪
الصناعات الدقيقة والبصريات	حوالى ٧٥ ٪

ويتضح من هذا أن معدلات زيادة الإنتاج فى هذه الصناعات قد فاقت بمراحل الزيادة الكلية فى الإنتاج نظراً لأهميتها المتزايدة فى خلق كيان صناعى حديث يعكس الاستجابة لمقتضيات الثورة التكنولوجية . والحق أن استخدام الأساليب التكنولوجية الحديثة (مثل الأوتومية والحاسبات الالكترونية والعمليات التكنولوجية المبتكرة) قد أصبح قادراً على تحويل اكتشافات العالم النظرى مباشرة وبسرعات لا عهد لنا بها قبلا إلى قوة إنتاجية جديدة ومساعدات إنتاج ذات فاعلية فى توجيه قدرات الإنسان وجهوده المادية والعقلية تفوق بمراحل أدوات الإنتاج التى استحدثتها الثورة الصناعية .

وقد تشمل الثورة التكنولوجية صناعة بأسرها أو مجموعة من وسائل الإنتاج (المكنات والمعدات) ، أو النظم الإدارية فى الوحدة الإنتاجية ، أو أحد فروعها . فلننظر إذن إلى مقتضيات هذه الثورة الإنتاجية الجديدة وإلى طرق توفير هذه المقتضيات فى المجتمعات المتقدمة والنامية اليوم ، مركزين اهتمامنا بالطبع على الجانب البشرى من قوى الإنتاج فمن أهم ما تحتاجه هذه التغيرات إعداد وتدريب كادرات العاملين فى مستويات العمالة المختلفة وفى المستويات الوسطى بالذات — كما سنرى فيما بعد — بحيث تصبح قادرة على استيعاب هذه الأساليب الحديثة وتطبيقها وقيادة العمل فيها . ويعنى هذا فى العادة أحد أمرين ، أو كليهما معاً :

١ — إعادة تدريب العاملين الموجودين حالياً فى وحدات الإنتاج فعلا بقصد الارتقاء بمستواهم حتى يصل إلى المستوى العلمى الجديد المطلوب وتعريفهم بأساليب وأدوات الإنتاج الحديثة التى تطبق هذا العلم . وهذه صورة مألوفة فى المجتمعات المتقدمة ذات الخبرات السابقة فى الميادين التى يشملها التطور الحديث . ولقد وجدت عملية التدريب أثناء العمل هذه بشكل أو بآخر منذ زمن قصير إلا أن أهميتها تزداد بسرعة هذه الأيام لأن معدلات التطور ونوعية التغييرات التى تطرأ على شكل الإنتاج ثورية حقاً ، بحيث تحدث هذه العملية فى فترات متقاربة جداً وتقتضى اكتساب معارف جديدة لم تكن ترتبط حتى وقت قريب جداً بنوع العمل فى شكله التقليدى القديم . ولعلنا نلاحظ هذا فى إحساس أعداد متزايدة من العاملين بضرورة تفهم مبادىء الالكترونيات تفهماً واضحاً ومعرفة تطبيقاتها فى مجال عملهم الذى لم يكن عادة مرتبطاً بهذا النشاط بالمرة حتى منذ سنين قليلة .

ومن المشاكل الرئيسية التى تواجهها عملية إعادة التدريب عدم قدرة بعض العاملين على الاستجابة للمقتضيات الجديدة وقصورهم عن بلوغ المستوى الذى يتطلبه شكل ونوع العمل الجديد بعد تطوره وقد يرجع هذا إلى قصور مواهبهم ومداركهم أو — وهو الاحتمال الأكثر توقعاً — لانخفاض مستوى تعليمهم العام أصلا والذى كان كافياً فى بداية عملهم لنوع العمل الذى يقومون به .

---

(١) جمهورية ألمانيا الديمقراطية .

وثمة مشكلة اجتماعية أخرى تصاحب هذه العملية ألا وهى الاتجاه المتزايد فى الأساليب الحديثة نحو الإقلال من أعداد العاملين اللازمين للانتاج وما يخلفه هذا من مشاكل البطالة المؤقتة وإعادة توزيع القوى العاملة على التخصصات المختلفة أو تعديل هيكل العمالة برمته فى المجتمع . وهذه المشكلة الأخيرة ليست قاصرة على المجتمعات المتقدمة بل إن تعديل هيكل العمالة قد أصبح إحدى المشاكل التقليدية التى تواجه المجتمعات التى تنمو بسرعة وترغب فى استيعاب تكنولوجيات جديدة عليها ثم إرساء دعائم إنتاج حديث متطور فى أراضيها .

٢ — استحداث مستويات وخبرات جديدة من البداية . ويحدث هذا عند بدء نشاط من نوع جديد ليس للمجتمع سابق عهد به ولا يوجد من بين أبنائه من يستطيع الإسهام فيه بماله من خبرة سابقة وعن طريق تدريب الآخرين عليه وهذه هى الصورة التى تأخذها هذه المشكلة عادة فى المجتمعات النامية حين تستحدث صناعات جديدة وتستخدم أساليب جديدة عليها فى الإنتاج .

ومن الطبيعى فى مثل هذه الظروف أن يلجأ المجتمع إلى الخبرة الأجنبية فى المجتمعات التى سبقته ؛ فإما أن يوفد بعض أبنائه إلى الخارج لاكتساب هذه المعارف والمهارات الجديدة أو أن يستقدم الخبراء الأجانب للعمل فى البلاد بعض الوقت . وفى كلتا الحالتين لا يتحقق الغرض المنشود ما لم تكن هناك سياسة واضحة وخطة محدودة المعالم لعملية نقل الخبرة المطلوبة وزرعها فى الأرض الجديدة وضمان تأصلها بما يسمح لها بحد أدنى من الاستقلال فى عمليات النمو التالية والتى لا مفر منها .

وغنى عن القول أن أى تخطيط لتطوير الإنتاج — كماً أو كيفاً — لابد وأن يشمل خطة فرعية لإعداد العاملين المطلوبين لجعل هذا التخطيط حقيقة ولابد أن يكون هؤلاء العاملين معدين ومستعدين للعمل بالأعداد المطلوبة لهذا التخطيط وفى الوقت الذى يحدده وبمستويات الدراية والمعرفة اللازمة لتحقيقه فى كل موقع من مواقع العمل سواء القديمة المطورة أو المستحدثة . إن أى قصور فى إتاحة الفنيين بالأعداد والكفاءات المطلوبة وفى الوقت المناسب ينعكس مباشرة على معدل التقدم نفسه . ويؤدى هذا إما لتعطل بدء العمل فى المشروعات الجديدة أو لتعثره وكثرة أعطاله وانخفاض إنتاجيته أو رداءة منتجاته . ولما كانت وحدات الإنتاج مترابطة كلها ارتباطاً عضوياً داخل هيكل النشاط الاقتصادى القومى العام ، فإن الخلل فى أية وحدة إنتاجية أو فى أى جزء منها تكون له فى العادة عواقب تمتد إلى أبعد كثيراً مما يخطر على البال لأول وهلة . كذلك فان الإسراف فى إعداد العاملين فى أى مستوى بما يفوق احتياجات التخطيط الفعلية وقدرته على استيعابهم يمثل فى حقيقته سوء استغلال للانفاق على الخدمات ويخلق مشاكل بطالة اجتماعية سافرة أو مقنعة ويخفض من متوسط إنتاجية الفرد ويؤثر — بالتالى — على حصيلة النشاط الاقتصادى وعلى قدرته على النمو وهى أمور تلعب دوراً حاسماً بالذات فى المجتمعات النامية.

فإذا ما انتقلنا إلى بحث هيكل العمالة عموماً ومستوياته المختلفة ، فاننا نستطيع أن نقول — على وجه العموم — إن هناك مستويات رئيسية ثلاثة ، يضم كل منها بدوره عدداً من المستويات الفرعية :

١ — المستوى العالى : وهو المسئول عموماً عن النظرة الشاملة للعمل وعن كل مشاكله التكنولوجية أو الإدارية . ويتميز أفراد هذا المستوى بدراية واسعة فى العلوم النظرية والقدرة على حل المشاكل التى تثيرها عمليات الإنتاج والإدارة الحديثة وعلى ابتكار أساليب واختراعات جديدة بشأنها . وهم — باختصار — القادة والإخصائيون فى فروع التطبيق التكنولوجى والعمل الإدارى المختلفة .

٢ — المستوى المتوسط : ومهمته الأساسية هى ربط المستوى السابق بالمستوى الثالث (والأخير) . ويتمتع أفراد هذا المستوى بقدر طيب من الدراية العلمية — الفنية

(أو الاقتصادية — الإدارية) التطبيقية . ومع أنهم لا يرقون إلى المستوى العالى من حيث الإعداد العلمى النظرى إلا أنهم يبزونه من حيث الخبرة والإعداد العملى ، وبالتالى من حيث القدرة على شغل مناصب الإشراف الأولى . ويتميز هؤلاء الأفراد بقدرة على العمل المنفرد فى التصميم والتخطيط والتنفيذ دون معونة مباشرة من المستوى الأعلى والذى يخضعون عادة لإشرافه .

وهم يلعبون فى الحقيقة دور ضباط الصف فى الجيوش ، لأنهم حلقة الاتصال الحاسمة بين الإخصائيين والعاملين . فكما أنه لا توجد قيادة بدون جيش فانه لا تكون هناك إدارة ما لم يوجد عاملون . وكما أن الضابط لا يصدر أوامره مباشرة إلى جنوده فان المدير لا يصدر أوامره مباشرة للعاملين ولا يراقب سير عملهم بنفسه .

ولما كنا نحس اليوم بأهمية هذا المستوى فلا بأس من أن ننظر بدقة أكثر إلى تركيبه والذى وإن اختلف بالطبع من بلد إلى آخر فى نفس المستوى التكنولوجى إلا أنه يشمل عموماً ثلاثة مستويات فرعية :

(ا) الإخصائى المتوسط (العلمى — الفنى أو الاقتصادى — الإدارى) . وربما لا نبالغ إن قلنا أن ظهور هذا المستوى وحجمه يعتبر من المؤشرات التى يمكن الاعتماد عليها فى تقدير مدى تقدم الثورة التكنولوجية ونجاحها فى أى مجتمع . فقد رفعت الأساليب التكنولوجية عموماً من المستويات المطلوبة لجميع الأعمال تقريباً فأصبح الملاحظ أن الفنى يقوم اليوم بالعمل الذى كان يقوم به عادة العامل الماهر وأفراد هذا المستوى الفرعى قادرون على القيام بكثير من الأعمال التى كانت توكل إلى المستوى الفنى الأدنى (البكالوريوس) فى المستوى الرئيسى الأعلى (الإخصائى العالى). وهو إلى جانب قدرته على القيام ببعض هذه الأعمال خيراً مما لو قام بها الإخصائيون حديثو التخرج فى المستوى العالى يتيح عن طريق قيامه بهذه الأعمال أعداداً أكبر من المستوى العالى لمواجهة الاحتياجات الكبيرة لأعمال البحوث والتطوير التى تستند إليها التكنولوجيا الحديثة بشكل متزايد بحيث أصبحت وحدات البحوث والتطوير ضرورة لا بد منها فى كل وحدات الإنتاج ، تنمو فى الحجم والمسئوليات والأهمية بمعدلات غير مألوفة قبلا .

(ب) الفنى .

(ج) الملاحظ أو المباشر .

ولن نسهب فى الحديث عن هاتين الفئتين الأخيرتين لأن هذا التقسيم ليس غريباً علينا .

* * *

ومن المتوقع أن ينعكس المستوى التكنولوجى الذى يتحقق فى دولة ما على شكل هيكل العمالة فيها ، من حيث المستويات الفرعية داخل كل من المستويات الرئيسية الثلاث التى أشرنا إليها لتونا ، ومن حيث النسبة بين هذه المستويات . وسنستعرض فيما يلى بعض السمات ذات المغزى بالنسبة للوضع القائم فى بلادنا اليوم فى المستويين العالى والمتوسط . وليس هذا حديثاً جديداً علينا ، بل إن كل واحد منا يخوض فيه — بحكم واقع عمله وضروراته — فى أكثر من مناسبة . ولذا فقد آثرت أن أتعرض للموضوع اليوم على شكل مجموعة من الملاحظات ليكون هذا تمهيداً ملائماً للاقتراحات التى قد نعرضها فى شأن مواجهة الموقف الحالى .

١ — أننا نردد منذ سنوات القول بأن لدينا زيادة ملحوظة فى المستوى العالى . فلننظر إذن إلى هذا الوجه من المسألة بشىء من التفصيل مؤكدين أهمية التطلع فى تخطيط القوى العاملة وتدريبها عبر مشا كل الحاضر إلى احتياجات المستقبل كما نريده أن يكون لبلادنا ، مستقبل تقف فيه أمتنا فى صفوف الدول الآخذة بقسط وافر من الثورة التكنولوجية المعاصرة ، بعد أن تنفض عنها غبار التخلف .

ولعلنى لست بحاجة لأن أؤكد خطورة القصور عن إلقاء هذه النظرة البعيدة المدى على مستقبل الأجيال القادمة ؛ لأننا باقتصارنا على النظر فى مشاكل الحاضر تحكم – من اليوم – على أية محاولات مستقبلة لتحقيق التقدم بالفشل لأننا نحرمها من كادرات الإخصائيين والفنيين اللازمين لذلك بقصورنا عن البدء فى أعدادهم اليوم .

ولنبدأ ببحث الحجم الكلى للمستوى العالى فى هيكل العمالة ، مستوى خريجى الجامعات بمستوياتهم الفرعية من الحاصلين على البكالوريوس والماجستير (أو دبلومات التخصص والدراسة العليا) والدكتوراه . ونحن لا نتردد فى القول بأن بلادنا تعانى من التضخم فيه ويبين جدول رقم (١) النسب المئوية للمستوى العالى من القوى العاملة فى عدد من الدول – المتقدمة والنامية – فى أنحاء العالم ، شرقه وغربه ، شماله وجنوبه .

إن نظرة واحدة إلى هذه الأرقام لكفيلة بأن تؤكد لنا أن نسبة المستوى العالى للعمالة ما زالت أقل بكثير فى بلادنا منها فى الدول المتقدمة وأن القاء القول جزافاً بزيادة حجم هذا المستوى تمثل خطراً حقيقياً على مجتمعنا فى المدى البعيد وأنه لا بد أن تحوطها تحفظات كثيرة تعكس إدراكنا لحيويته بالنسبة لمستقبلنا .

٢ – إلا أن هذه النسبة ليست سوى مؤشر فج لا يكفى للتحديد الدقيق لتركيب هيكل العمالة فهو لا يتعرض للتركيب الداخلى لهذا المستوى من ناحية ولا يميز بين قدرات الدول المتفاوتة على حسن استغلال أفراده فى أعمال تناسب خبرتهم ونعنى بهذا أنه لا يفرق بين دولة تكون الغالبية العظمى من الإخصائيين فيها مثلا من رجال القانون وبين دولة أخرى تكون غالبيتهم فيها من المهندسين ؛ ثم إنه لا يكشف لنا أيضاً عما إذا كان أفراد هذا المستوى يقومون فعلا بأعمال تحتاج إلى مستواهم من التعلم والتدريب أم أن سوء التخطيط أو النقص فى الأفراد من المستويات الأخرى التالية له يؤديان إلى استخدامهم فى أعمال هؤلاء الآخرين . وتزداد أهمية هذه الملاحظة الأخيرة والتى نتحدث عنها عادة تحت شعار « الرجل الصحيح فى المكان الصحيح » إذا ما لاحظنا أن معظم الدول النامية تدفع الأفراد المدربين تدريباً عالياً نحو وظائف تحتاج إلى مهارات أدنى من مهاراتهم لوجود عجز خطير عادة فى الأفراد ذوى المهارات الأقل . ولا شك فى أن هذا يمثل سوء استغلال للثروة البشرية التى تكون عادة أهم ما تمتلكه دولة نامية ، خصوصاً لو كانت فقيرة فى الموارد الطبيعية .

وإذا ما نظرنا مثلا إلى معدل تخرج المهندسين سنوياً بالنسبة لكل مليون من السكان لوجدنا أن الصورة أسوأ

جدول رقم (١)

النسب المئوية للمستوى العالى من العمالة فى بعض الدول

الدولة	انجلترا	الولايات المتحدة	الاتحاد السوفيتى	أسبانيا	يوغسلافيا	الأرجنتين	الهند	ج ع م	نيجيريا
النسبة المئوية للمستوى العالى	١,٠	١,٧	١,٢	٠,٣	٠,٥	٠,٢	٠,٠٥	٠,٣	٠,٠١

مما تدل عليه الأرقام السابقة ، وعلى ما فيها من سوء . فبينما يتخرج فى انجلترا سبعون مهندساً فى العام لكل مليون من السكان ويرتفع هذا الرقم إلى ١٧٠ فى الولايات المتحدة ، نجد أنه لم يتجاوز بعد ٣٠ مهندساً فى بلادنا (١) .

٣ — وأود أن أوجه عنايتكم ، بعد هذا إلى تفاوت تركيب المستوى العالى للعمالة فى أى تخصص من التخصصات بين مجتمع وآخر . فإذا ما نظرنا إلى ميدان العمل العلمى — التكنولوجى فسنجد أن نسبة متزايدة من العاملين فى هذا الميدان من مستوى العمالة العالى تعمل الآن فى الدول المتقدمة فى مجالات البحث والتطوير وتصميم واختيار النماذج الأولى ، أى فى النشاط الجديد الذى جاءت به الثورة التكنولوجية الجديدة وهو نشاط يهتم بالعمل دواماً على ملاحقة التقدم العلمى وهضم إنجازاته النظرية وتحويلها بسرعة إلى ابتكارات صناعية جديدة أو تعديلات حاسمة فى العمل التكنولوجى الصناعى .

ويقال إن حجم النشاط العلمى يتضاعف — عموماً — فى أوربا فى كل خمس عشرة سنة وفى أمريكا كل عشر سنوات وفى الصين الشعبية كل خمس سنوات فقط (والملاحظ أن التقدم التكنولوجى يسير — فى هذه المجتمعات المتقدمة — بنفس معدل ازدياد البحث العلمى) . وهناك شواهد كثيرة تشير إلى أن أى توقف فى نمو البحث العلمى ينعكس مباشرة على تقدم الصناعة وعلى الرغم من أن هناك قدراً كثيراً من البحوث النظرية ما زالت نتائجه تنتظر التطبيق العملى (٢) .

ولا يعنينا هنا ما يثيره هذا من مشاكل فى الدول المتقدمة من حيث تخطيط القوى العاملة وإعداد علماء البحث بالأعداد التى يقتضيها معدل ازدياد البحث الحالى كى يستمر تقدم المجتمع كله بنفس المعدل ، وإنما يعنينا هنا أن نقارن بين هذا الوضع وبين الوضع السائد فى بلادنا .

ويعطى جدول (٢)(٣) عدد المشتغلين بالبحث والتطوير فى بعض دول العالم لكل مائة من العاملين فى الصناعة .

وموقفنا فى هذا الشأن واضح غنى عن التعليق .

٤ — والنقطة الأخيرة التى أود أن أشير إليها بالنسبة المستوى العالى نقطة ذات أهمية خاصة بالنسبة للدول النامية

جدول رقم (٢)

عدد المشتغلين بالبحث والتطوير لكل مائة من العاملين فى بعض الدول

الدولة	انجلترا	الولايات المتحدة	الاتحاد السوفيتى	تشيكوسلوفاكيا	ج . ع . م
العدد لكل مائة من العاملين	٣	٥,١	٧,٩	٣,٧	٠,٥

(١) د . العبد ، د. العريان : تكوين المهندس لمواجهة المسئولية العلمية والفنية ، مجلة جمعية المهندسين المصرية ، العدد الثالث ، ١٩٦٧

(٢) ديريك برايس : العلم منذ بابل ، مطبعة جامعة ييل .

(٣) د العبد ، د. العريان : البحث السابق .

وأعنى بها حاجتها الشديدة إلى مستويات جديدة لا عهد لها بها فى الإدارة — وفى الميدان الصناعى بالذات . وذلك لأن غياب التنظيم الإدارى الكفء أصبح سمة مميزة من سمات هذه الدول . والإدارة الصالحة كفيلة بتقويم اعوجاج المشروعات الضعيفة وإعادة بنائها على دعائم راسخة تضمن استمرارها فى العمل وتقدمها ، بينما تقضى الإدارة الفاشلة على أنجح المشروعات تكنولوجياً واقتصادياً .

ولست أقصد هنا مجرد الإكثار من عدد الإداريين . فالمشاهد أن نسبة عدد المهندسين إلى رجال الإدارة أقل عندنا مثلا منها فى الولايات المتحدة إنما أعنى أساساً أمرين :

أولهما أنه بينما تتم برامج التعليم الهندسى عن عدم الاهتمام اهتماماً كافياً بتنمية الكفاءة الإدارية للمهندسين فإن نسبة عدد حملة الشهادات الجامعية من رجال الإدارة تبلغ ٩٤٪ من عددهم الكلى ، وهذه أعلى نسبة فى العالم . والأمر الثانى هو ما أشرت إليه آنفاً من أن الثورة التكنولوجية قد امتدت إلى نظم الإدارة وأساليبها وأن الاهتمام بتكوين كادرات الاخصائيين والفنيين يجب أن يشمل — فى الوقت الذى يهتم فيه بالمهندسين — رجال الإدارة أيضاً والمعارف الإدارية للمهندسين بما يتيح لهذه الأجيال ممارسة أساليب الإدارة العلمية الحديثة وتطبيقها فى بلادنا .

٥ — وننتقل ، بعد هذه الملاحظات المقتضبة على المستوى العالى ، إلى مناقشة العلاقة بينه وبين المستوى المتوسط التالى له . والرأى السائد عندما هو أننا نعانى من نقص خطير فى عدد الفنيين فى كل مجالات العمل الهندسى ويورد جدول رقم (٣)[١] نسب الإخصائيين والفنيين لكل مائة من العاملين فى ثلاث دول (من بينها ج.ع.م) .

وتكشف هذه المقارنة عن أمرين . أولهما : المغالاة — بصفة عامة — فى استخدام بلادنا للاخصائيين والتى أشرت إليها فى الملاحظة الثانية . ويدل هذا إما على عدم كفاءة التنظيم القائم لهيكل العمالة وعلى عجزه عن الاستفادة الكاملة من إمكانيات الإخصائيين ، وإما على انخفاض مستوى تدريب هؤلاء الأفراد وتعليمهم ، وإما على قيام الإخصائيين بأعمال الفنيين والملاحظين وهو ما لا يرجح حدوثه نظراً لكثرة عدد الفنيين النسبية كما سنرى فيما بعد . ولم أتمكن من إيجاد معلومات قياسية أكثر دقة تصلح أساساً لتشخيص هذه الظاهرة وإن كنت أظن شخصياً أن العاملين الأولين موجودان بدرجات متفاوتة فى كل قطاع .

والأمر الثانى الذى يكشف عنه جدول (٣) ، والذى لم يكن متوقعاً ، هو التزايد الواضح فى إجمالى عدد الفنيين والملاحظين ، على عكس ما نستنتجه عادة من حديثنا عن النقص فى عدد الفنيين ، وعلى الرغم من تفاوت نسبة الفنيين إلى الاخصائيين من قطاع إلى آخر فى الصناعة ولا شك عندى ، كما يشير تقرير الجهاز المركزى للتدريب الذى أخذت عنه هذه الأرقام ، فى أن هذا يرجع أساساً إلى التضخم فى عدد الإخصائيين والذى ينعكس بدوره على عدد الفنيين .

٦ — لا تكشف هذه المقارنة ، التى تنشغل أساساً بنسب المستويين العالى والمتوسط ، عن الحجم المطلق للمستوى المتوسط ، وهو ما نقصده بالذات حين نتكلم عن النقص فى عدد الفنيين ببلادنا . وتقدر دراسة الجهاز المركزى للتدريب ، التى أخذنا عنها جدول رقم (٣) ، الاحتياجات الجديدة من الفنيين لخطة الإنجاز ، التى أعدت عام ١٩٦٦ ، فى قطاع الإنتاج وحده بـ ٨٠٫٢٥٠ . ويقابل هذا الطلب عرض هزيل حقاً يتمثل فى الألفى طالب الذين تقوم المعاهد الفنية التابعة لوزارة التعليم العالى بتدريبهم .

ومن الواضح أنه من المستحيل مواجهة الموقف الحالى ، بل وأى موقف ينشأ فى المستقبل بهذه السبل ، وإننا فى

---

(١) الجهاز المركزى للتدريب .

حاجة ماسة إلى جهد مركز وخطة طوارىء لتوفير المستويات الوسطى من العمالة .

٧ — وأختتم هذه الملاحظات بالإشارة إلى عدم استقرار سياستنا حتى الآن فى شأن إعداد المستوى الأول من الفنيين — وهو المستوى الإخصائى ، العلمى — الفنى أو الاقتصادى — الإدارى ، الذى تحدثت عنه بشىء من الإسهاب عند استعراض مستويات العمالة ، مؤكداً أهميته بالذات للثورة التكنولوجية من ناحية وارتفاع معارف المستوى العلمى النظرى المطلوب له من ناحية أخرى ، وموجهاً الأنظار إلى تغير التركيب الداخلى للمستوى العالى وانصراف أعداد متزايدة من أفراده — بحكم ضرورات هذه الثورة - إلى أعمال البحث والتطوير ، وإلى ما يلقيه هذا على الإخصائى العلمى — الفنى فى المستوى المتوسط من مسئوليات جديدة ، كان يقوم بها عادة فى الماضى المهندسون الحاصلون على البكالوريوس من أفراد المستوى العالى .

ولن أخوض طويلا هنا فى حديث معاد عن تاريخ المعاهد العليا وعن مواقف الفئات المختلفة منها وعن اختلاف الآراء ووجهات النظر حول طريقة إعداد خريجيها إعداداً علمياً وعملياً مناسباً . وسنعرض وجهة نظرنا فى الأمر فى سياق عرض مقترحاتنا لمواجهة الموقف الحالى وأكتفى هنا بالإشارة إلى ظاهرة لها مغزاها ، ألا وهى مبادرة الهيئات الدولية والدول الأجنبية إلى تقديم المعونة فى إعداد هذه الفئة بالذات . فلقد قدمت هيئة اليونسكو قرابة إثنين مليون دولار للمساهمة فى إنشاء وإعداد معهدى المنصورة والسويس وأسهمت جمهورية ألمانيا الاتحادية بقدر كبير من تكاليف إعداد وتشغيل معهد حلوان وعاونت تشيكوسلوفاكيا هيئة المصانع الحربية فنيا وتعليمياً فى إنشاء معهدها الجديد . ولا شك أن هذا تعبير عملى عن تقدير هذه الهيئات والحكومات لأهمية الدور الذى يمكن أن تلعبه هذه الفئة .

ننتقل — فى نهاية هذا العرض لأهمية أعداد المهندسين والفنيين للاقتصاد القومى - إلى مقترحاتنا بشأن إعداد هاتين الفئتين — تعليماً وتدريباً — فى بلادنا فى ظروفنا الراهنة . ومرة أخرى ، أوثر أن أوردها على هيئة عدد من النقاط :

١ — من الطبيعى ونحن نناقش أمراً يستهدف الوصول ببلادنا إلى مصاف الدول المتقدمة ، أن نرجع إلى خبرات هذه الدول محاولين الاقتباس منها من ناحية وأن ننظر أيضاً فى سياسات اتبعتها دول فى مثل موقفنا تحقيقاً لنفس الهدف . بل إن هذه المراجعة المستمرة لخبرات الآخرين أمر ضرورى ، لأنه يتيح لنا فرصاً حقيقية لتجنب أخطاء الغير والوصول إلى ما نبتغيه فى أقصر وقت وبأقل خسارة .

إلا أن هذه المراجعة محفوفة بمخاطر من نوع خاص . وعلى القائمين بها مسئولية التعمق فى الجذور التاريخيه لأى وضع يجدونه فى بلد ما ومعرفة الظروف التى حددت مسار التطور . والمشاهد أن هناك عدة سبل سلكتها الدول المختلفة لتحقيق أى هدف معين . ولكن مقياس نجاح أى منها هو تحقيقه للهدف المنشود بأعلى كفاءة ممكنة وليس لأن فى أى منها ميزة ذاتية ، بدليل التفاوت الكبير جداً فيما بينها ، والذى يدل على أن اختلاف الظروف التاريخية والمعاصرة فى كل مجتمع هو الذى حدد المسار الذى اختاره إلى الهدف . وحرى بنا — ونحن نناقش أمراً أرجو أن أكون قد وفقت فى توضيح أهميته الحاسمة لمجتمعنا — أن نحرص على الابتعاد عن التعصب غير المنطقى لحل بالذات وأن نفتح أذهاننا بتحرر كامل لكل التجارب ، وألا ننتقى منها إلا ما يلائم ظروف ماضينا وحاضرنا .

٢ — إذا ما بدأنا بسياسة إعداد المستوى العالى ، فلن أقف طويلا عند السياسة التعليمية التى يجب أن ننتهجها فى ذلك ، فليس هذا مقام الخوض تفصيلا فى فلسفة التعليم الجامعى الهندسى وسياسته وخططه . ويكفينا أن نورد هنا باختصار بعض التوصيات فى هذا الشأن لننصرف بعد هذا

جدول رقم (٣)

نسب الإخصائيين والفنيين فى ثلاث دول فى عدد من القطاعات

	الصناعة عموماً			الصناعات الكيماوية			الصناعات الغذائية			الغزل والنسيج			مواد البناء		
	إخصائيون	فنيون وملاحظون	النسبة	إخصائيون	فنيون وملاحظون	النسبة	إخصائيون	فنيون وملاحظون	النسبة	إخصائيون	فنيون وملاحظون	النسبة	إخصائيون	فنيون وملاحظون	النسبة
الاتحاد السوفيتى	٧,١	٩,١	١ : ١,٣	١	٢,٠	١ : ٢	٢,٤	٥,٦	١ : ٢	١,٣٥	٥,٨٥	١ : ٢ : ٤	١,٦٩	٥,٨١	١ : ٣,٤
بولندا	٤,١	٨,٤	١ : ٢,٠٤	٦,٣	٩,٠	١ : ١,٤	١,٢٩	٤,١٢	١ : ٢,٨	٠,٦٩	٢,١	١ : ٢,٥	١,٢	٢,٥	١ : ٢,٩
ج ع م	٥,١	٩,٦	١ : ١,٩	٦,٣	٦,٣	١ : ٣	٣,٨	٧,٥	١ : ٢	١,٨٦	٩,٢١	١ : ٥	٣,٠٩	٢,٢٩	١ : ١,١٣

إلى مناقشة أكثر تفصيلا لتدريب طلبته وخريجيه أثناء دراستهم وبعد تخرجهم :

(أ) التركيز فى المراحل الأولى على العلوم الأساسية والتطبيقية والاهتمام بشكل واضح بالرياضيات التطبيقية والطبيعيات الحديثة والكيمياء .

(ب) قصر التخصص الدقيق على المرحلة الأخيرة وربط التخصصات دائماً باحتياجات حاضرة أو مستقبلة .

(ج) الاهتمام بالدراسات الاقتصادية والإدارية والتطبيقية .

(د) تشجيع عدد محدد من التجارب لاختبار أساليب جديدة فى تعليم المهندسين قبل التورط فى تعميم تعديلات جوهرية دون خبرة بمشاكل تطبيقها ونتائجها . وفى العالم اليوم عدد كبير من هذه التجارب ، منها الجامعة التكنولوجية وتجربة البولتكنيك الجديد فى انجلترا ، والتعليم التعاونى (الساندويتش) فى انجلترا وأمريكا وكثير غير ذلك .

(هـ) الاهتمام بالتصميم والتطوير فى الدراسة والوصول بهما إلى حد تصنيع الأجزاء واختبارها بمعرفة الطلبة وبمساعدة الصناعة المحلية واستجابة لمتطلباتها . ويرتبط هذا بنظام التدريب العملى أثناء الدراسة ، الذى سنتعرض له فيما بعد .

٣ ــ لا شك أن ازدياد الضغط على كليات الهندسة دون توسع مقابل لذلك فى أعضاء هيئة التدريس والمعامل قد أدى إلى اتجاه الدراسة بها ، رويداً رويداً ، نحو ناحية نظرية تلقينية ساعدت عليها نظم الامتحانات السائدة حتى اليوم . ولقد ابتعدت الدراسة بشكل متزايد عن الاتصال المباشر بالواقع العملى وعن الممارسة الفعلية للخبرات التى يتعلمها الطالب والمشاهدة الشخصية لما يلقن من مبادىء أو نظريات علمية .

كان ولما العمل التكنولوجى ، أساساً ، عملا تطبيقياً يقاس نجاحه بالإنجازات العملية التى يحققها ، فإن هذا الوضع يثير قضية اكتساب الخبرة العملية بشكل حاد . ولقد صاحب هذا الاتجاه فى التعليم توسع فى بلادنا فى إنشاء الصناعات الجديدة التى لا سابق عهد لنا بها . ولقد انشغل المسئولون عن هذه الصناعات المستحدثة كلية ــ على الرغم عنهم ــ بتدعيمها . وصرفهم هذا ــ بحكم الضرورة ــ عن الاهتمام المركز بمسئوليات تدريب الخريج عن التحاقه بالعمل بشكل منظم له هدف محدد ، وكما كانت الحال حتى عهد قريب فى الصناعات التى كانت قائمة قبلا .

والعجيب أن يحدث هذا التراخى فى تدريب المهندس الناشىء فى الوقت الذى يلقى فيه أمر تدريب المهندسين من أفراد المستوى العالى اهتماماً مركزاً من الهيئات العلمية والمهنية والصناعية فى الدول المتقدمة . ولقد ظهر أخيراً عدد كبير من الدراسات الرئيسية لهذا الموضوع فى مختلف دول العالم فى السنين الأخيرة . ولا بد لأية مقترحات تعرض فى هذا الشأن أن تأخذ فى الاعتبار الأعباء غير العادية الملقاة على عاتق المسئولين عن قيام الصناعات الجديدة وكذلك احتياج عملية التدريب اليوم ــ كما سنرى ــ إلى خبرات ودراسات لا تتوفر بالضرورة فى كل عمل صناعى جديد .

وتتضح هنا أهمية الجهاز المركزى للتدريب كهيئة قادرة ــ بحكم مركزيتها ــ على أن تكون جماع خبرة البلاد فى أمور التدريب ، والملجأ الذى يتوجه إليه كل مسئول عن التدريب يستمد منه العون المباشر فى تحديد سياسة رشيدة للتدريب فى نطاق عمله ويستعين به فى إعداد خطة هذا التدريب وفى تأهيل الأفراد المسئولين عن القيام به .

٤ ــ الغرض من التدريب العملى للمستوى العالى هو الإلمام بالآلات والمعدات المستخدمة ، بإمكانياتها ومشاكل تصميمها وإنتاجها ، وتشغيلها وصيانتها ، والمعرفة المباشرة بظروف العمل الصناعى ، وإتاحة الفرصة للمشاهدة العملية

للتطبيق المعاصر للنظريات الهندسية التى يتلقاها المهندس أثناء تعليمه .

ولقد أصبح واضحاً الآن أن هذا أمر لا يمكن تأجيله حتى انتهاء الطالب من دراسته وأن التدريب جزء عضوى من الدراسة وليس أمراً مكملا لها وأود أن أؤكد هنا أهمية هذا المفهوم بالذات ، لأن التسليم به يترتب عليه أن يصبح التدريب أثناء الدراسة أمراً مخططاً بإحكام ، يشترك فى إعداده والإشراف على تنفيذه الأساتذة الجامعيون ومسئولو التدريب فى الصناعة ، وألا يكون مجرد إتاحة فرصة للطالب لتمضية فترة من الوقت فى جو العمل الصناعى ، يجوس أثناءها طليقاً خلال المصنع يكتسب من الخبرة العملية والمشاهدة بقدر ما يقدر عليه ذاتياً . وهناك تجارب كثيرة تفاصيلها متاحة لنا فى مختلف التخصصات لبرامج تدريب مرتبطة ارتباطاً عضوياً بسير دراسة الطالب من ناحية وباحتياجات المصنع الذى يتدرب فيه من ناحية أخرى . ويرتبط فيها التدريب ارتباطاً خاصاً بمشروع معين (قد يكون متواضعاً تماماً فى حجمه وفى أهدافه) يقوم المعهد الدراسى الذى ينتمى إليه الطالب بتصميمه وتنفيذه لحساب المصنع (مثل تصميم أداة أو مكنة معينة ، أو إجراء اختبارات ، أو دراسات هندسية ، أو إدارية معينة) . وتنبع الأهمية البالغة لهذا الأسلوب من أنه يضفى على التدريب ثوباً من الجدية يثير اهتمام الطالب وحماسه ويكسبه رضاً نفسياً لإحساسه بأنه يساهم إسهاماً مباشراً فى حل مشكلة حقيقية قائمة فعلا .

٥ — أما التدريب بعد التخرج ، داخل العمل ، فيمتد عادة ، وفقاً للتوصيات الحديثة إلى فترة تتراوح بين الثمانية عشر شهراً وبين السنتين ، وهو يجرى طبقاً لبرنامج زمنى محدد يتوخى إلمام المهندس الناشىء بكل جوانب العمل الجديد وإكسابه المهارات اللازمة لعمله وتدريبه على اتخاذ القرارات فى ظروف واقعية والكشف عن ميوله وقدراته ، وتعويده تطبيق معارفه النظرية تطبيقاً عملياً خلاقاً على المشاكل التى يواجهها أثناء تدريبه . ويساعد هذا التدريب ، إلى جانب استكماله لتكوين المهندس اللازم لتحمل المسئولية فى العمل ، على توجيهه وجهة تناسب ميوله وتضمن حسن استغلال قدراته ومواهبه الطبيعية . وكثيراً ما تنتهى هذه الفترة بدورات دراسية قصيرة مركزة تقام داخل الوحدة التى سينضم إليها المهندس بقصد إكسابه المعارف التطبيقية اللازمة لبدء العمل المثمر فى هذه الوحدة وللتعرف على نظم العمل الجديد الإدارية وأساليبه الفنية . ويشترك فى هذه الدورات عادة رؤساء العمل ليكون ذلك بمثابة تعارف بين هؤلاء الرؤساء وبين مرءوسيهم الجدد لخلق اتصال شخصى مفيد عند بدء عمل هؤلاء الآخرين .

٦ — والنوع الأخير من التدريب جديد ، فرضته على المجتمعات المتقدمة الثورة التكنولوجية بمعدلات تقدمها السريعة والكفيلة بأن تواجه أى مهندس ، خلال سنوات قد لا تتجاوز الخمسة فى بعض الأحيان بأساليب تكنولوجية جديدة مبتكررة لا عهد له بها . ويخلق هذا مفهوماً جديداً لعملية التدريب باعتبارها أمراً لا ينتهى عند مرحلة معينة فى حياة المهندس العاملة ، بل يستمر بلا انقطاع وبصفة دورية حتى نهاية حياته العاملة .

وقد أورد العبد فى أحد بحوثه[1] بصورة كيفية — لا كمية — أهمية مواصلة التعليم والتدريب فى المحافظة على كفاءة عالية طوال مدة حياة الفرد العاملة . والواقع أن هذا التدريب أثناء العمل لا يكون اليوم مجرد تعريف بتطبيقات وأساليب جديدة للعمل ، تسير على نفس الأسس والمعارف العلمية التى درسها المهندس أيام التلمذة ، بل كثيراً ما يقتضى دراسات نظرية جديدة . فنحن لا نتصور مثلا أن ينتقل مهندس مسئول من محطة قدرة بخارية تقليدية إلى محطة قدرة نووية ليمارس مسئولياته فيها مباشرة بمجرد

---

(١) د . العبد : محاضرة ألقيت أمام مؤتمر الدراسات الهندسية المنعقد بكلية الهندسة جامعة القاهرة ، فبراير ١٩٦٧ .

تعريفه بالوحدات الجديدة . فالواضح أنه يحتاج إلى معارف نظرية جديدة فى الطبيعة النووية والتحكم التلقائى والعلوم البيولوجية ، لا تسمح له بتفهم أسلوب عمل المحطة الجديدة فحسب ، بل تضمن أن يتصرف التصرف المناسب الذى يضمن سلامة المحطة النووية والعاملين فيها والبيئة المحيطة بها عند حدوث أى خلل طارىء فيها . ولا مفر ، عند التحول من الأساليب المكتبية والإدارية التقليدية إلى أساليب حديثة تستعمل الحاسبات الإلكترونية ، من تدريب يشمل كل العاملين على كافة مستوياتهم ، على مبادىء الإلكترونيات التى يعمل على أساسها الحاسب الإلكترونى وعلى أصول السيبرنيات التى تستند إليها أساليب تحليل المنظومات .

وللجامعات هنا دورها الهام فى المجتمعات النامية ، مثل مجتمعنا . ويقتضى هذا أن تتوثق صلتها بالصناعة ، لأن الجامعات أقدر من غيرها فى الظروف الحالية على تقديم هذه الخدمة الجوهرية فى ميدان التدريب الدورى أثناء العمل ، ولأنها تستفيد كثيراً بدورها من هذا الاتصال الوثيق بمهندسين وإداريين على مستوى عال من المسئولية مارسوا العمل لمدة سنين .

ولا شك أن قدرة الجامعات فى هذا المضمار ليست بلا حدود ، خصوصاً بسبب ما تواجهه من ضغط متزايد عليها فى مستوى الدرجة الجامعية الأولى وبسبب انشغالها المتزايد بخلق مدارس بحوث ودراسات عليا وطنية على مستوى رفيع . وياحبذا لو اتجهت جمعياتنا العلمية والمهنية وجهة المساهمة الفعالة ، وعلى أوسع نطاق تقدر عليه ، فى هذا الميدان . إن هــذا سيوطد دعائمها فى المجتمع ويبعث فيها النشاط والحياة التى نفتقدها فيها اليوم ، نظراً للأهمية المتزايدة لهذا النوع من التدريب بالذات .

٧ — لا مفر فى مستهل الحديث عن إعداد المستوى المتوسط من أن نتذكر أن أى تخطيط للوفاء باحتياجات البلاد الكبيرة من أفراد هذا المستوى لا بد وأن يسبقه تقرير نهائى لموقفنا من المستويات الفرعية داخله . ويتم هذا بالطبع على ضوء دراسة احتياجات القطاعات المختلفة . ويعنينى هنا أن أؤكد مرة أخرى أهمية النظر إلى أبعد من مشاكل العمل بشكله الحاضر ، أى التطلع إلى تعديل نظام العمل نفسه وأســاليبه لتحقيق مزيد من الكفاية الإنتاجية والإســتقلال عن مصادر الخبرة والخامات الأجنبية ؛ وباختصار تطوير وأقلمة الصناعة وزيادة اعتمادها على نفسها وكذلك الإعداد من اليوم لاحتياجات العمل التكنولوجى المتقدم التى ينتظر الأخذ بها فى المستقبل .

وفى رأيى أن كلا من هذين العاملين يشير إلى ضرورة الاهتمام بخلق مستوى فرعى عال داخل المستوى المتوسط الرئيسى بحيث لا تكون بينه وبين مستوى خريج الجامعة فى مستهل حياتهما فروق اجتماعية أو مادية كبيرة إذ أن لكل منهما دوره فى هيكل العمالة فى التكنولوجيا المتقدمة .

وإن جاز لى أن أؤيد هنا وجهة نظر شخصية ، فإنى أرى أن السبيل المفتوح أمامنا هو تدعيم وتعزيز إمكانيات المعاهد العليا الصناعية والتجارية التابعة لوزارة التعليم العالى وصبغها بالصبغة التكنولوجية التى لا تتأتى إلا بمزيد من الصلات بينها وبين الصناعة المحلية فى البيئة التى يقوم فيها المعهد . ويا حبذا لو لجأنا مستقبلا عند مواجهتنا لاحتياجات القطاعات المختلفة إلى تخصصات جديدة إلى الربط بين المسئولين عن التعليم العالى والقائمين على شئون المعهد وبين المسئولين فى القطاع المختص منذ بدء الإعداد له .

٨ — أما بشأن العجز الخطير فى عدد أفراد مستوى الفنيين والملاحظين فلابد — كما أشار الجهاز المركزى للتدريب فى تقريره السابق الإشارة إليه والذى ناخذ عنه القدر الأكبر من الملاحظات التالية — لابد من التركيز على عدد من الوحدات التعليمية والتدريبية تصلح أساساً للتطوير السريع ثم العمل على زيادة إمكانياتها لتقوم بإعداد الفنيين اللازمين .

وسيحتاج الأمر إلى مساهمة مالية مباشرة من قطاعات العمل المعنية وإلى توجيه ورعاية الجهاز المركزى للتدريب حتى تستكمل هذه المنشآت التعليمية الجديدة إمكانياتها بالسرعة المنشودة وحتى لا تنشأ بمعزلة عن الصناعة بل وربما يكون من المفيد استغلال أية إمكانيات أو خبرات موجودة فى وحدات الإنتاج أو حتى فى القطاع العسكرى للوفاء ببعض أغراض هذا التعليم إلى جانب قيامها بواجباتها الإنتاجية الأصلية .

وأود أن أشير هنا إلى تجارب بعض الدول المتقدمة فى تجميع الهيئات الصناعية المختلفة العاملة داخل كل قطاع فى مجلس نوعى قومى للتدريب يتولى أموره داخل القطاع على مستوى الدولة ويستمد موارده من هذه الهيئات ويشرف على إنفاقها على أغراض التدريب وفاء باحتياجات القطاع .

٩ — يستحسن أن ننحو هنا نحو توحيد برامج الدراسة فى المراحل الأولى فى أقل عدد ممكن من الدراسات الأساسية ذات الصفة العامة والتى يخدم كل منها عدداً من التخصصات الفرعية الدقيقة تاركين التخصص وما يحتاجه من دراية بالتفاصيل إلى آخر مرحلة ممكنة تتم عادة مباشرة قبل — أو خلال — فترة التدريب العملى التى تختتم بها دراسة الفنيين فى الدول المتقدمة .

١٠ — ولى هنا ملاحظة فرعية فى شأن ما يتواتر فى الخارج وفى بلادنا أيضاً من أن تكلفة تدريب الفنى أقل من تكلفة إعداد المهندسين الجامعيين نظراً لأن إعداده يستغرق وقتاً أقل ولا يحتاج إلى استثمارات كبيرة فى الإمكانيات ولا إلى مرتبات عالية لأعضاء هيئة التدريس .

ولم أوفق فى العثور على دراسة اقتصادية مقارنة لهذه النفقات فى بلادنا تدفعنى إلى تصحيح انطباع شخصى على عكس هذا . كما لم تتح لى بعد فرصة القيام بمثل هذه الدراسة. ويبدو لى أن المصروفات الجارية للتعليم العالى بوضعه الحالى ليست عالية كما هى فى الدول المتقدمة[1]. يضاف إلى هذا أن الاضمحلال الشديد الذى حدث فى المنشآت التعليمية التى كانت تقوم قبلا بإعداد الفنيين فى بلادنا سيفرض علينا مصاريف استثمارية أعتقد أنها لن تكون زهيدة حتى تستعيد نشاطها أو تتوسع فى إنشائها . ولست أقصد من هذا طبعاً الدعوة إلى مزيد من التعليم الجامعى بشكله الحالى وإنما أقصد أساساً التنبيه إلى أن تكاليف إعداد الفنيين قد لا تكون قليلة فى البداية ولبعض الوقت بالمقارنة بمصاريف التعليم الجامعى بوضعه الحالى .

١١ — تلعب الخبرة الأجنبية دوراً هاماً هنا فى تعويض النقص الذى نشكو منه ومع أقل ضرر ممكن ، على عكس الاعتماد عليها فى مستويات أعلى فى التخطيط والتنفيذ . ولا بد أن نذكر أن الخبرة الأجنبية باهظة التكاليف ؛ والمهم فى هذا الصدد إذن هو استكمال قدرتنا على استيعاب ما تأتى به هذه الخبرات من حيث التغلب على مشكلة اللغة وتوفير الإمكانيات اللازمة قبل استقدام الخبراء ، ومن حيث تحديد مجالات عملهم والأهداف المطلوب منهم تحقيقها تحديداً واضحاً ومتابعتها وتقييمها دورياً . ولنذكر دواماً أن مقياس نجاح الخبرة الأجنبية فى تحقيق الهدف من الاستعانة بها هو سرعة الاستغناء عنها .

وستقوم الخبرة الأجنبية أساساً بتزويدنا ببعض الإمكانيات المادية والاستثمارية من ناحية وبالأفراد من ذوى المهارات والخبرة الفنية والتربوية المطلوبة وبرصيد ضخم من التجربة على شكل مطبوعات ومراجع ونظم عمل تحتاج كلها إلى مراجعة وأقلمة وترجمة سريعة منعاً للمشاكل التى تنجم عن تنوع أساليب العمل بين بلد وآخر واختلاف المواصفات القياسية فيما بينها وعن مواصفاتنا القياسية الوطنية ، إن وجدت.

---

(١) فى تقرير المجلس الأعلى للجامعات أن طالب الهندسة يتكلف زهاء المائة جنيه فى العام

١٢ — هناك بالذات أهمية حاسمة لتشجيع العمال المهرة على مواصلة الدرس والتدريب للوصول إلى المستوى المتوسط وإزالة الحواجز الاجتماعية التى تقف حائلا دون ذلك . وسيجنى المجتمع كله فوائد جمة من فتح مجالات التقدم أمام هؤلاء العاملين الذين لم يستكملوا التعليم العام التقليدى حتى يصلوا إلى التعليم العالى . وسيؤدى تحقيق هذا باخلاص و بلا تعصب إلى جذب العناصر الممتازة منهم إلى هذا المجال الحيوى محققاً بهذا تقدماً سريعاً فى الوفاء باحتياجاتنا وفى رفع مستوى العمل الصناعى عندنا .

ويقودنا هذا إلى أهمية توسيع دائرة المعارف النظرية البحتة للمستوى المتوسط بما يكاد أن يصل إلى مستوى المهندس الجامعى من ربع قرن مضى وإن لم يزد عنه فى بعض التخصصات الحديثة .

١٣ — وأخيراً فإن كل ما ذكرناه فى الملاحظات الرابعة حتى السادسة عن التدريب بأنواعه أثناء الدراسة وبعد التخرج مباشرة وأثناء العمل ينطبق تماماً فى هذا المجال أيضاً وكثيراً ما يجرى الآن إعداد وتنفيذ البرامج التدريبية للمستويين العالى والمتوسط داخل إطار موحد لما يعود به هذا من فوائد اقتصادية واجتماعية .

وبعد ، فلقد تحاشيت فى هذه الملاحظات المقتضبة الخوض فى التفاصيل وإنما قصدت فى المقام الأول أن أؤكد أننا نعيش اليوم فى عهد ثورة صناعية جديدة تتسم بتلاحم لا عهد لنا به قبل الآن بين العلم النظرى والتطبيق وبين العلوم الطبيعية والعلوم الاقتصادية والإدارية والإنسانية وأن لهذه الثورة الجديدة مقتضياتها الخاصة فى إعداد العاملين فى المستويين العالى والمتوسط . ولقد حرصت بعد هذا على تصحيح بعض الأخطاء الشائعة بيننا عن هذه المقتضيات وعن المواءمة بينها وبين الوضع القائم فى بلادنا .

ولا يبقى لى بعد هذا سوى تأكيد الأهمية الحاسمة للتدريب المنظم الذى يعرف أهدافه بوضوح ويعرف سبيله إلى تحقيقها بسرعة وكفاءة عبر أرض واقعنا الفعلى اليوم .

* * *

ملخص الموضوعات بالقسم الانجليزى

المواد العازلة للمبانى

خواصها، استعمالاتها واقتصادياتها

(مع الإشارة للمواد المستخدمة بالجمهورية)

للدكتور المهندس كمال الدين حسن
والدكتور المهندس على صالح
والمهندسة نيفان فكرى

يحتوى التقرير على تصنيف للمواد العازلة تبعاً لأشكالها ولدرجات الحرارة التى تستخدم عندها . مع إيضاح لاستعمالاتها وأشكالها بالأسواق المصرية . مع سرد المشاكل الخاصة بالعزل الحرارى للمبانى ومناقشته للخواص الطبيعية المؤثرة على تلك المشاكل وأخيراً أعطيت الصفات والأسعار للمواد العازلة المستعملة بالجمهورية ومفاضلة اقتصادية لاستعمال هذه المواد لأغراض العزل المختلفة .

الانحرافات التى تحدث فى السكرات ذات الأعتاب المفتوحة

للأستاذ الدكتور المهندس ابراهيم أدهم الدمرداش
والدكتور المهندس حسن عاطف عبد الوهاب

الغرض من هذا البحث هو دراسة متانة السكرات ذات الأعتاب المفتوحة ، كذلك بحث تأثير كبر قطاعات الأعضاء المكونة لها عند الوصلات على متانتها . والبحث لا يقتصر على دراسة السكرات البسيطة ، بل يشمل أيضاً السكرات المستمرة . وقد أمكن التوصل للنتائج الآتية :

١ — الانحرافات الناتجة فى السكرات ذات الأعتاب المفتوحة تتساوى مع نظيرتها المحسوبة لسكرات مبسطة مكونة بافتراض مفصلات فى منتصف الأضلاع مما يسهل حسابها . وتنشأ هـــذه الانحرافات من تأثير العزوم والقوى الطولية وقوى القص الداخلية . وتأثير العزوم والقوى الطولية فى نفس الدرجة من الأهمية . أما تأثير قوى القص فأقل منها والنسبة التقريبية لها ٧ : ٣ : ١ فى السكرات البسيطة .

٢ — يمكن حساب تأثير قوى القص على الانحرافات من واقع مساحة الألواح المتوسطة للقطاعات بدلا من حسابها بدقة والخطأ الناتج عن هذا التقريب يمكن إهماله .

٣ — النسبة بين تأثير قوى القص وتأثير العزوم على الانحرافات أكبر من نظيرتها فى السكرات العادية وهذه النسبة ثابتة فى السكرات البسيطة أو المستمرة ، كذلك لا تتأثر بتغير أبعاد السكرات ذات الأعتاب المفتوحة وتساوى ١٥٪ تقريباً .

٤ — تأثير كبر القطاعات عند الوصلات على الانحرافات يمكن اعتباره معادلا لنقص فى طول الأعضاء المكونة لهذه السكرات . وهذا النقص يعادل ⅓ طول الجزء المتغير فى حالة زيادة القطاع على زوايا ٤٥° من الجهتين أو من جهة واحدة . وبإضافة تأثير متانة الوصلات وكبر القطاعات عندها فإن النتيجة تعادل تقريباً نقص ٢٠٪ من أطوال الأضلاع .

وأخيراً فإن المعلومات التى أمكن التوصل إليها تفيد كثيراً فى معرفة الصورة الحقيقية لمتانة السكرات ذات الأعتاب المفتوحة وتأثرها بالأحمال المختلفة التى يمكن أن تتعرض لها .

استخلاص الألومينا من النيفيلين المصرى

للمهندسة مجيدة شعبان
والدكتور المهندس أحمد مراد جادالله
والدكتور المهندس سعيد يوسف عز

يهدف هذا البحث إلى دراسة احتمال إنتاج الألومنيا من خام النيفيلين المصرى . وجد أن هذا الخام يتكون أساساً من الفلسبار البوتاسى والنيفيلين والألبيت والإجريت . وباستخدام وسائل التركيز المختلفة وجد أن الفصل المغناطيسى وباستخدام السوائل الثقيلة تم رفع نسبة الألومنيا إلى ٣٠٪ واسترجاع ٩٠٪ من الألومنيا الموجودة فى الخام .

كما تم دراسة تأثير درجات الحرارة ١٠٠٠ ، ١١٠٠ ، ١٢٠٠ ، ١٣٠٠° م على الشحنة بعد ضبط مكوناتها بإضافة كربونات الكالسيوم والصوديوم وضغط الخليط على هيئة أقراص . ووجد أن أحسن استخلاص يتم بعد الحرق عند ١٣٠٠° م لمدد أكثر من ٥ ساعات ، أو عند ١٣٠٠° م لمدة ١ ½ ساعة . كما وجد أن أنسب الظروف هى : نسبة CaO/SiO_2 ٢,١ وتركيز المحلول المذيب ١٥٠ جم ص ا٢ا/لتر ونسبة السوائل للمواد الصلبة ١٢,٥ وزمن الإذابة ٤٥ دقيقة .

كما وجد أنه يمكن استخدام الراسب الذى تم الحصول عليه بعد استخلاص الألومينا كمادة أولية فى صناعة الأسمنت

إجهادات الآزدواج

للدكتور المهندس فاروق شهوان

يقدم هـذا البحث فـكرة جديدة فى نظرية المرونة . وتتلخص هذه الفـكرة فى أن يؤخذ فى الاعتبار قيمة الازدواج على وحدة المساحات (اجهادات الازدواج) بالإضافة إلى قيمة القوى على وحـدة المساحات (الاجهادات العمودية واجهادات القص) التى يفترض وجودها فقط فى نظرية المرونة التقليدية . وتعتبر هذه النظرية الجديدة أكثر تعمما من نظرية المرونة التقليدية .

وتنحصر الصعوبات الحالية عند استخدام هذه النظرية الجديدة فى عدم توافر المواد التى تبين بوضوح تأثير إجهادات الازدواج ، وقلة عدد الحالات التى أمكن الحصول فيها على حلول كاملة باستخدام النظرية .

ويوضح هذا البحث طريقة استنتاج المعادلات الأساسية للنظرية الجديدة وهى معادلات الاتزان والتشكل ومعادلات ، الإجهادات والانفعالات الملائمة . ويعرض هذا البحث حلولا كاملة لبعض حالات من التحميل بافتراض أن الانفعالات مستوية ، كما يبين فى كل حالة طريقة تعيين الانفعالات وكذلك مقدار الإزاحة والدوران عند أى نقطة فى الجزء المحمل .

***

التحميل الاقتصادى لخطوط نقل القدرة الـكهربية

للدكتور المهندس مدحت أديب نصر

يعتبر التشـغيل والتحميل الاقتصادى لشبكات القوى الـكهربية من الموضوعات الرئيسية الهامة . وتتكون شبكات القوى الكهربية من خطوط نقل طويلة ذات جهد عالى لربط محطات توليد القوى الـكهربية بالأحمال المختلفة ، فيؤدى ذلك إلى وجود طاقة مفقودة فى هذه الخطوط يجب أخذها فى الإعتبار عند تشغيل وتحميل هـذه الشبكات اقتصادياً . لذلك يجب أن يكون تحميل خطوط النقل بطريقة تجعل نقل الطاقة الـكهربية إقتصادياً .

فى هذا البحث توصل المؤلف إلى طريقة جديدة للتحميل الاقتصادى لخطوط نقل القدرة الـكهربية التى تعمل على جهود نقل مختلفة ، كما اشتمل البحث أيضاً على مثال لتوضيح إمكان تطبيق هذه الطريقة الجديدة .

وتدل النتائج التى تم الحصول عليها بتطبيق الطريقة المذكورة فى البحث أنه يمكن استخدام هذه الطريقة لتحديد التوزيع الاقتصادى للحمل بين خطوط النقل فى شبكات القوى الـكهربية فى حالة وجود أكثر من جهد واحد للنقل .

المؤسسة المصرية العامة لمقاولات الإنشاءات المدنية

- صورة التحدي الضخم ... لصنع غد أفضل !.
- خط أنابيب البترول الجديد ... ومسئولية العمل الوطني ؟
- أعمال صناعية وزراعية وكهربائية في كل مكان
- نشاط داخل الحدود .. بلا حدود !! ونشاط أيضاً خارج الحدود !

.. لا شك أن قطاع التشييد والبناء قد لعب وسيظل يلعب - دوراً طليعياً في ارساء أسس نهضتنا الصناعية والعمرانية بعد الثورة فهو يشترك في كل مجالات حياتنا .. في الصناعة والزراعة والرى والكهرباء والبترول .. أنه القاسم المشترك الأعظم في كل نشاط بناء يبذل في بلادنا .

وتلعب المؤسسة المصرية العامة لمقاولات الانشاءات المدنية في داخل قطاع التشييد دوراً بارزاً ، فشركاتها تمتد بنشاطها آفاق العمل الخلاق الذي يدور في بلادنا ، ثم هي تتسع بنشاطها لتعبر به حدود بلادنا ، شاهداً على مدى ما وصلت إليه الكفاءة والخبرة والقدرة العربية .

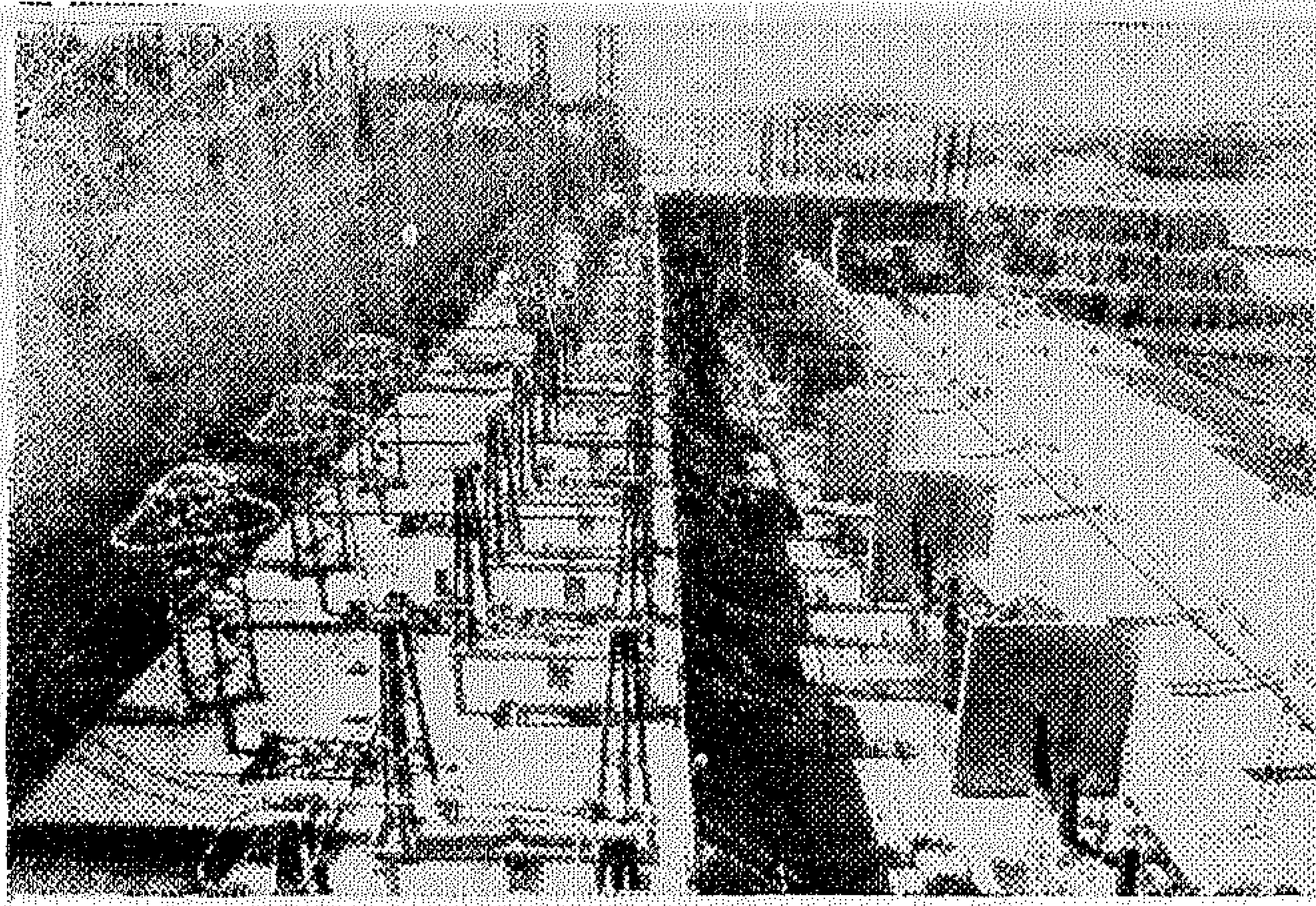
ويكفينا أن نلقي نظرة سريعة للغاية على أوجه النشاط الذي تقوم به شركات المؤسسة حتى نستطيع أن نصدر حكماً صادقاً على مدى الجهد الهائل الذي تضطلع به ، والدور المشرف الذي تحمله على عاتقها .

فينبغي أن نتحدث عن نشاط كل شركة من شركات المؤسسة انفرادياً .

١ - شركة مصر لأعمال الأسمنت والمسلح :

(ا) لعل من أبرز ما تعتز به الشركة أنها هي التي حملت على أكتافها جميع الأعمال الخرسانية في مشروع السد العالي - وتشمل :

- محطة كهرباء السد العالي وهي أكبر محطة توليد كهرباء في الشرق الأوسط وتصل أساساتها إلى عمق ٣٥ متراً تحت سطح النيل وارتفاعها ٧٥ متراً - وبلغت مكعبات الخرسانة المسلحة فيها ٢٥٠ ألف قدم مكعب .



محطة الكهرباء بالسد العالي

- مداخل الأنفاق .
- مجاري البوابات .
- ممرات السد الثلاث .
- محطات المحولات .
- مبنى الإدارة الكبير .

وقد وصلت بالقيمة الاجمالية لهذه الأعمال ٣٥ مليون جنيه .

(ب) وفي مجال الصناعة كان للشركة دور كبير في ارساء أسس نهضتنا الصناعية .. ويكفي للتدليل على ذلك أن نذكر أن الشركة قد قامت على سبيل المثال .. لا الحصر بتصميم وتنفيذ :

— مصانع أسمنت بورتلاند بحلوان وأسكندرية وتبلغ تكاليفها حوالى ٢ مليون جنيه .

— مصانع الغزل والنسيج فى المحلة الكبرى وكفر الدوار وحلوان وشبين الكوم ... والأسكندرية ومصانع شركة ستيا لنسج الصوف . ومصانع الجوت بلبيس والكتان بالأسكندرية .

— مصـــانع الكيماويات بالأسكندرية وأبى زعبل وأسيوط وطنطا والسويس .

— مصانع مهمات السكك الحديدية .

— مصانع شركة النصر للسيارات بحلوان وتبلغ مساحتها ٥٠٠ فدان وتكاليفها ٥ مليون جنيه .

— مصانع الكاوتشوك بطنطا .

— مصانع النحاس بالأسكندرية .

(د) ... وفى قطاع المياه والمرشحات وأحواض الترسيب قامت الشركة بتنفيذ :

— محطة مياه شمال القاهرة ..

— محطة مياه الأسكندرية .

— محطة مياه شركة مصر للحرير الصناعى بكفر الدوار .

— محطة مياه شركة مصر للغزل والنسيج بالمحلة الكبرى .

ويبلغ مجموع خزانات المياه العالية والأرضية التى قامت الشركة بتصميمها وتنفيذها ١٠٠ خزان فى كل أنحاء الجمهورية .

(ج) ... قامت الشركة بتنفيذ أكبر ترسانة بحرية فى الشرق الأوسط . وهى ترسانة الأسكندرية البحرية والمشروع مقام على مساحة ٩٠ فدان وبلغت تكاليفه حوالى أربعة مليون جنيه وكذلك قامت بتنفيذ الورش الرئيسية للبحرية بالأسكندرية .

(هـ) ... وقامت الشركة بتنفيذ نفق كمال الدين صلاح وقامت بهذه العملية دون أدنى تعطيل للمواصلات خلال ٦ شهور وبلغت تكاليفه ١٦٠ ألف جنيه .

(و) ... فإذا تجاوزنا نشاط الشركة فى حدود بلادنا ، وتابعنا نشاطها فى الخارج لوجدنا قائمة واسعة من المشروعات التى نجحت الشركة فى القيام بها بكفاءة عالية :

ففى المملكة السعودية . نفذت محطة القوى الكهربائية بمكة المكرمة والرياض والإحساء ومحطة المياه بجدة ، ومصانع الأسمنت فى الظهران وخزانات المياه العالية والأرضية فى أنحاء متفرقة من البلاد .

— وفى جمهورية السودان ، أقامت محطتى القوى الكهربائية فى كوستى ويورى ومحطة مياه مدينة كوستى وواد مدنى وأم درمان ، ومحطة مياه شركة النور والقوى الكهربائية بالخرطوم ، وتقوم حالياً بتنفيذ محطة القوى الكهربائية بمدينة الروصيرص وتبلغ تكاليفها مليون وربع مليون جنيه سودانى .

٣ — *الشركة العامة للإنشاءات* :

وتعمل فى مجال المبانى العامة والإسكان والصناعة .

وقد قامت ببناء :

— دار مؤسسة الأهرام الجديدة « جريدة الأهرام » وبلغت تكاليف بنائه مليون جنيه .

— فندق فونتانا ، مصانع الشركة العامة للورق وراكتا بالأسكندرية ، مصانع شركة النقل والهندسة بالأسكندرية وتوسعات بمصانع شركة كيما بأسوان وعمارات إسكان مدينة نصر والشيخ هارون ، كسير الحجر وادفو بمحافظة أسوان . منشأة ٢٣ يوليو السكنية « المؤسسة الاقتصادية » بالأسكندرية ومشروع ناصر للاسكان بالحضرة وفى محافظة أسيوط أقامت المستعمرة السكنية لموظفى محطة الكهرباء وأساسات كلية طب أسيوط ومحطة كهرباء أسيوط البخارية .


مبنى جريدة الأهرام

ونشاطها فى الخارج يتمثل فى «فندق الصداقة بياماكو» بجمهورية مالى وأساسات عمارة شركة النصر للتصدير والاستيراد بأبيد جيان « ساحل العاج » .

٣ — شركة النصر للمبانى والانشاءات :

وتقوم بأعمال بحرية ومائية ومبانى عامة ومصانع . وقد ساهمت الشركة فى مشروع الترسانة البحرية بالأسكندرية وفى إقامة عديد من مصانع الغزل والنسيج . وبلغت قيمة الأعمال التى نفذتها خلال الأربع سنوات الأخيرة حوالى ١٠ مليون من الجنيهات .

٤ — الشركة المساهمة المصرية للمقاولات :

تقوم أساساً بإنشاء المصانع الكبرى ومشروعات الخدمات العامة داخل الجمهورية . نذكر منها على سبيل المثال :

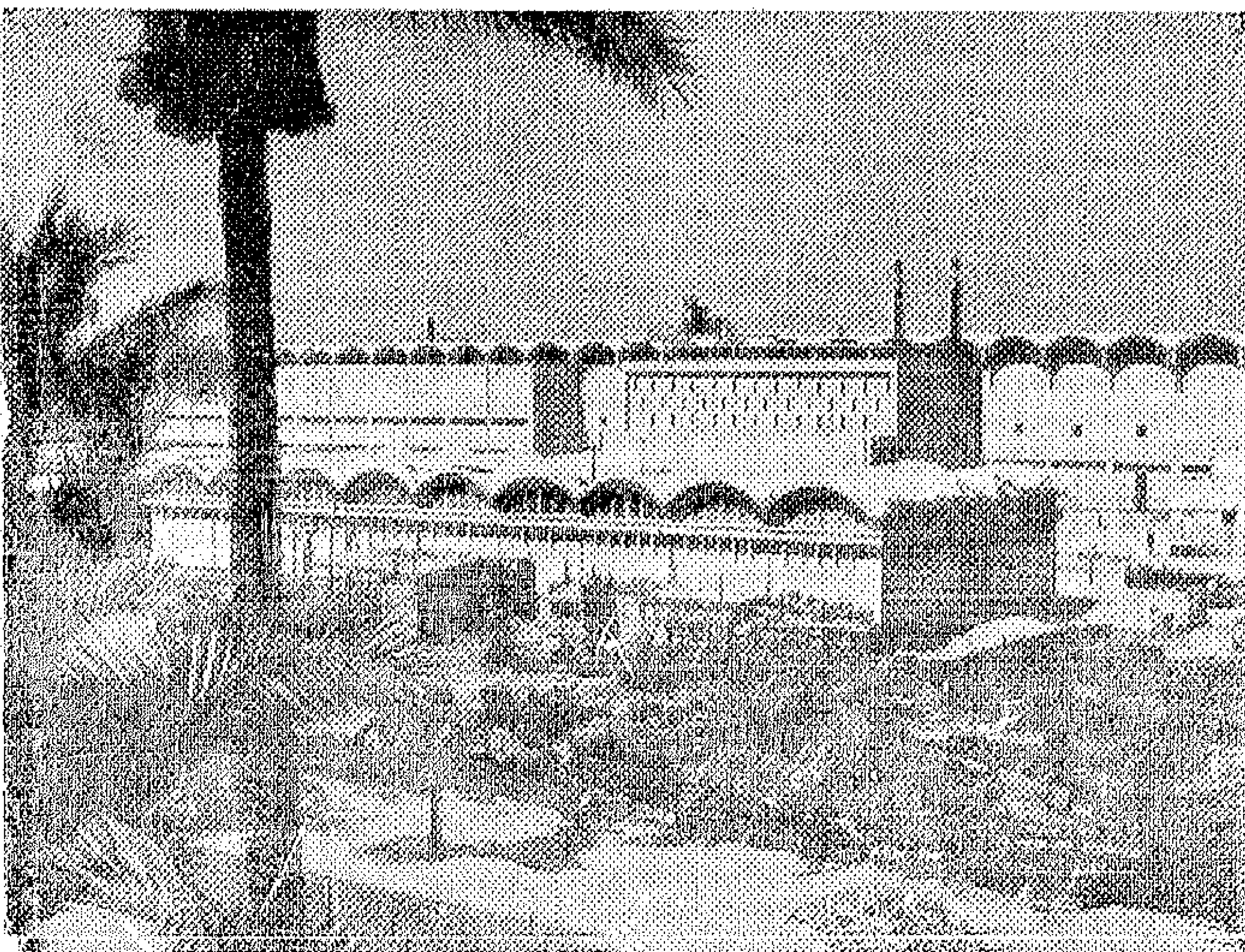
• مصانع الحديد والصلب بحلوان . المرحلة الأولى ، مصنع درفلة الشرائط على الساخن والمبانى المساعدة .

• مصنع الصوف التوبس بكفر الدوار وهو أول مصنع من نوعه بالشرق الأوسط وبلغت تكاليفه حوالى مليون جنيه وذلك بالإضافة إلى كثير من مصانع الغزل والنسيج مثل مصانع المحلة الكبرى ودمياط وكفر الدوار وكذلك مصنع الخشب المضغوط بفارسكور .

وقد بلغت قيمة هذه الأعمال ٠٠٠ر٨٠٠ر٣٨ مليون جنيه وذلك بخلاف ما أقامته من مبان عامة مثل بنك مصر المركز الرئيسى ، مستشفى المواساة بالأسكندرية ، مستشفى الجمعية الخيرية الإسلامية بالعجوزة والمدينة السكنية لشركة مصر كفر الدوار ، والمدينة السكنية لشركة مصر للحرير الصناعى . وهذا على سبيل المثال لا الحصر .

ويمتد نشاط الشركة إلى خارج الحدود حيث قامت بتنفيذ عمليات كبرى فى الكويت والعراق والسعودية نذكر منها طريق مكة والمدينة بالمملكة السعودية .

• قاعدة الصيانة لمؤسسة الطيران الكويتية ، ومدرسة الشعب بالكويت ، مدرسة حولى بالكويت محطة طلمبات الكويت ، المبنى المركزى للمواصلات السلكية واللاسلكية بالكويت . هذا بخلاف عشرات العمارات السكنية والقصور الفاخرة بدولة الكويت والعراق .


مصنع الخشب المضغوط بفارسكور

٥ — شركة مصر للكراكات والأشغال العامة :

ويذكر عملها فى مجال الزراعة من حيث توسيع وتجويف الترع والرياحات والمصارف فى جميع أنحاء الجمهورية .

• بلغت قيمة ما نفذته من مشروعات خلال الخمس سنوات الأخيرة أكثر من ١١ مليونا من الجنيهات .

٦ — شركة النيل العامة للمقاولات :

وقد قامت بنصيبها الوافى فى تنفيذ الكثير من الأعمال الهامة صناعية كانت أو زراعية فى السنوات الخمس نبين منها :

• مصنع الصباغة والمواد الوسيطة بالاسماعيلية . مصنع التليفزيون بالاسماعيلية .

• مصنع نسيج بنى سويف ، مصنع الغزل الرفيع بالمحمودية وشركة الورق الأهلية ، إنشاء قزاقات الترسانة البحرية بالاسكندرية وبعض الكبارى بالقاهرة وطنطا .

وذلك بجانب إسهامها فى قطاع الإسكان حيث قامت بتنفيذ مشروع ناصر للاسكان وعمارات سكنية بالاسماعيلية ومستشفى دمنهور العامة والمركز الثقافى الاجتماعى بالاسماعيلية .

وقد بلغت قيمة الأعمال المسندة إليها خلال الخطة الخمسية أكثر من ١٥ مليون جنيه .

٧ — شركة النيل العامة للكبارى :

ولما لهذه الشركة من خبرات واسعة وجيش كبير من العاملين والفنيين المزودين بأحدث الآلات والمعدات . فقد نفذت العديد من الكبارى والأنفاق بجانب إسهامها فى تنفيذ محطات طلمبات وقناطر وأهوسة علاوة على إقامة بعض محطات الكهرباء والمحولات والموانى . خادمة بذلك فى قطاعات الزراعة والرى والصرف والإسكان والنقل والمواصلات . ونذكر أعمالها للتدليل فقط لا الحصر منها نفق الخفير ، كوبرى الملك الصالح وكوبرى الفونتانا ونفق السيارات أسفل كوبرى التحرير بالقاهرة ، كوبرى علوى بالاسماعيلية وتبلغ قيمة هذه الأعمال خلال الخمس سنوات الأخيرة خمسة مليون جنيه .

٨ — الشركة المصرية للأعمال المدنية :

وهذه الشركة لها جهودها وإمكانياتها فى أعمال الرى والزراعة والصناعة والمبانى العامة فقد قامت بإنشاء الكثير من المصانع والمستشفيات والمدارس ومحطات محولات الكهرباء والأهوسة ومشروعات الرى والصرف . والمصارف المغطاة وقد قامت أخيراً بتنفيذ محطة طلمبات فارسكور للصرف . وبلغت جملة الأعمال التى نفذتها أكثر من ٩ مليون جنيه خلال سنوات الخطة الخمسية .

٩ — شركة النصر للأعمال المدنية :

وتتخصص هذه الشركة كشركة طليعية فى مشروعات الرى والصرف فقد قامت بتنفيذ مشروعات كبرى بلغت قيمتها ١٥ مليون جنيه ونذكر هنا بعض الأعمال التى نفذتها :

• مشروعات تحويل الحياض فى محافظات أسيوط وسوهاج وقنا .

• محطات طلمبات الرى والصرف فى شرق ووسط وغرب الدلتا .

• بعض المشروعات الكبرى لتعمير الصحراء غرب

الدلتا حيث قامت بتنفيذ محطة طلمبات النوبارية رقم ٢ وذلك لاستصلاح ما يزيد عن ٠٠٠ر٣٠ فدان بالنوبارية مساهمة فى زيادة الرقعة الزراعية ، بخلاف ما تقوم به من أعمال الأهوسة والقناطر الكبرى .

١٠ — الشركة العربية للأعمال المدنية :

ويذكر جهدها فى ميدان الزراعة حيث قامت بتنفيذ مشروعات قيمتها ٠٠٠ر٠٠٠ر١١ مليون جنيه خلال السنوات الخمس الأخيرة . متمثله أعمالها فى إنشاء مشروعات صناعية وترابية للرى بمناطق ديروط وبنى خالد وطوخ الخليل والكلابية وبجانبها مشروعات تحويل الحياض والصرف المغطى بمناطق هلا وقصر نصر الدين والعطف وكفر شكر علاوة على أعمال شبكات المياه والمجارى بها كستب ومدينة نصر ومشروع المائة يوم . وتقوم الشركة بتسوية الأراضى والحفر ميكانيكياً والأعمال المدنية لمحطات الطلمبات والمحولات . وقد ساهمت الشركة فى تنفيذ إنقاذ معابد النوبة حيث قامت بفك ونقل معابد عمدا وبيت الوالى ووادى السبوع مقبرة بنوت .

١١ — شركات المقاولات المصرية :

وتختص فى مقاولات الإنشاءات العامة ومشروعات المرافق العامة والمبانى والمقاولات الميكانيكية والكهربائية ويتبين نشاطها فيما نقدمه من أكبر المشروعات التاليـــة التى نفذتها .

(ا) فى قطاع السد العالى :

محطة محولات غرب القاهرة وهى ثانى محطة محولات فى العالم وبلغت تكاليفها ٠٠٠ر٢٥٠ر١ جنيه .

• المبنى المركزى لاستقبال التيار الكهربائى من جميع أنحاء الجمهورية بما فيها السد العالى حيث يتم توزيعها على مناطق الاحتياجات وتقدر قيمة إنشاؤه حوالى ٠٠٠ر٥٠٠ جنيه .

(ب) المنشآت الكهربائية :

• محطة كهرباء غرب القاهرة وهى أكبر محطة حرارية فى الشرق الأوسط وبلغت قيمة أعمالها الإنشائية والبنائية فيها حوالى مليونين من الجنيهات .

• توسيع محطة الكهرباء بالسيوف وبلغت تكاليفها ٦٠٠ ألف جنيه .

• توسيع محطة كهرباء الكس الغازية وتبلغ ١٠ آلاف متر مربع وبلغت تكاليفها الإجمالية ٤٠٠ ألف جنيه .

(ج) فى قطاع الصناعة :

• مصنع السكر بدشنا وتبلغ قيمتـــه أكثر من ٠٠٠ر٥٠٠ر٤ مليون جنيه .

• الإنشاءات المدنية لشركة البترول بالاسكندرية وتبلغ قيمتها ٠٠٠ر٠٠٠ر٢ مليون جنيه .

• مصنع الاليكترونيات ببنها وبلغت تكاليفه أكثر من مليونين من الجنيهات .

• مصنع الشركة القومية لإنتاج الأسمنت وبلغت تكاليفه حوالى مليون جنيه .

• توسيعات مصنع السكر بكوم امبو وبلغت تكاليفه ٠٠٠ر٥٠ جنيه .

(د) قطاع الإسكان :

وقامت الشركة بمجال كبير فى قطاع الإسكان حيث أقامت :

— المدينة السكنية لمصنع سكر دشنا وبلغت تكاليفها ١,٥٠٠,٠٠٠ مليون جنيه .

— المدينة السكنية لمحطة محولات غرب القاهرة وتكاليفها ١,٢٥٠,٠٠٠ جنيه .

— قرى التهجير بكوم أمبو وبلغت جملة تكاليفها مليون و ١٠٠ ألف جنيه .

جراجات هيئة النقل العام بمدينة نصر والجيزة وبلغت تكاليفها مليون جنيه .

(هـ) فى مجال أعمال المواسير :

— ٥ آلاف كيلو متر من المواسير والصلب والزهر والأسبستوس بشبكات تعميم مياه الشرب بالجمهورية .

٤٠٠ ك . م من مواسير الصلب والأسبستوس ، والألومنيوم لشبكات الرى والرش فى مديرية التحرير . بلغت قيمتها مليون جنيه .

١٢ — شركة المشروعات الصناعية والهندسية :

ويبلغ حجم أعمالها السنوية خمسة مليون جنيه ويمتد نشاطها إلى قطاعات البترول والصناعة ، والكهرباء والسد العالى والرى والصرف والإسكان .

(ا) فى قطاع البترول :

نفذت الشركة مشروع رأس شقير البالغ قيمة عملياته ٢,٩ مليون دولار ، وكان أن استحقت مكافأة قدرها ٢٠٤,٠٠٠ دولار نتيجة انتهائها من عملياته قبل الموعد المحدد له .

• خطوط البترول بين المكس وطنطا والسويس ومسطرد والقاهرة ويبلغ طول هذين الخطين ١٥٠ ألف كيلو متر ، وتبلغ قيمته ١½ مليون جنيه مصرى .

• مشروع العلمين وقد نفذت الشركة عمليات قيمتها ٣٨٠ ألف جنيه مصرى .

(ب) وفى قطاع الرى والصرف قامت الشركة بما يلى :

— محطة الرفع الرئيسية بالقطاع الجنوبى بمديرية التحرير لرفع المياه اللازمة لزيادة الرقعة الزراعية بمقدار ٢٦ ألف فدان وتبلغ تكاليفها ٢٥٠ ألف جنيه .

— عملية مياه دمياط المرشحة الجديدة ، وتبلغ تكاليفها ٣٥٠ ألف جنيه .

— عملية توسيع محطة مياه هيئة قناة السويس وتبلغ تكاليفها ١,٠٠٠,٠٠٠ جنيه .

— محطة مياه جنوب القاهرة وبلغت تكاليفها الإنشائية ١,١٥٠,٠٠٠ جنيه .

(د) قطاع الصناعة :

قامت الشركة بإنشاء مصنع هدرجة الزيوت بالمنصورة وبلغت تكاليفه ٤١٠ ألف جنيه .

١٣ — شركة النصر العامة للأعمال المرافق :

وتقوم تخصصاتها فى الإنشاءات المدنية والأعمال الميكانيكية للمحطات والخزانات العالية ، وشبكات المواسير وقد قامت بتنفيذ :

محطة رفع أحواض تنقية مجمعات بمشروع المجارى العاجلة (المائة يوم) بمدينة القاهرة .

• أحواض التجفيف بأبى رواش ومحطات مياه بورسعيد والسويس ومشروع ناصر بمريوط .

• مبانى إسكان مشروع ناصر بمريوط . وقد بلغت جملة التكاليف للمشروعات التى نفذتها خلال الخطة الخمسية الأخيرة ماقيمته ٨ مليون جنيه ..

١٤ — شركة النصر للمقاولات الميكانيكية والكهربائية

وتختص الشركة فى توريد وتركيب محركات ديزل ثابتة ، ومحركات كهربائية ولوحات التوزيع ، أجهزة تنقية مياه الشرب ، وتنقية مياه المجارى ، وتصنيع طلمبات مياه الشرب ، أجهزة إضافة الكلور والكيماويات . كما قامت بتنفيذ بعض عمليات مشروع المائة يوم — ومشروع إنشاء ٢٠ محطة آبار إنتاجية .

١٥ — الشركة العربية العامة لأعمال المياه والمجارى

وتسهم الشركة بكامل إمكانياتها فى تنفيذ مشروعات المياه والمجارى مدنى وميكانيكى وقد نفذت بعض الأعمال الآتية :

• أجزاء من مشروع مجارى العاصمة (المائة يوم) ، ومحطة رفع المجارى بالأميرية والمواسير الخصة بها .

• مواسير مياه جنوب القاهرة ، مواسير مياه الوايلى ، مواسير مياه الخليفة المأمون .

• محطتى رى بساتين بركات . وذلك علاوة على الأعمال التالية :

• عمارة سكنية بروكسى / مصر الجديدة ، إنشاء ٣٤ محطة رى بالوجه القبلى .

• عملية مياه فندق الغرقة . عمليات مجارى بمحافظة الإسماعيلية .

هذا بخلاف الكثير من العمليات الكبرى التى تقوم الشركة بتنفيذها حالياً . .

١٦ — الشركة العربية للأساسات

وتقوم بأعمال الأساسات الميكانيكية وهى الشركة الوحيدة المتخصصة فى أعمال الخوازيق الفيبرو وقد بلغت جملة الأعمال التى التى نفذتها الشركة خلال الخمس سنوات الأخيرة ما قيمته ٦ مليون جنيه .

هذه هى اللمحة الخاطفة عن نشاط مؤسسة ناهضة . سفيرة لنا فى كل بقاع الأرض بالجمهورية العربية المتحدة والدول العربية الشقيقة والأفريقية .

إن كل أوجه النشاط هذه تشهد بمدى الكفاءات العالية التى تتمتع بها المؤسسة . وهى ذاتها التى تدفعنا اليوم إلى مواجهة مشروع خط أنابيب البترول الجديد بين السويس والاسكندرية وهكذا تدخل المؤسسة بكل شركاتها ميدان العمل فى هذا المشروع الضخم .

وبالرغم من ضخامة مايحتاجه المشروع الذى تقدر قيمته الإجمالية بحوالى ٦٠ مليون جنيه والذى ينتظر أن يتم تنفيذه فى ١٨ شهراً .

فقد قامت المؤسسة المصرية العامة لمقاولات الإنشاءات المدنيـة . كما يقول السيد / المهندس على السيد رئيس مجلس إدارة المؤسسة (بجمع وحصر قدرات الشركات المتخصصة فى الأعمال المختلفة لمشروع خط الأنابيب . وقدرت إمكانيات كل منها فى حجم العمل الذى يمكن أن تقوم به وكونت مجموعات من الشركات لمساندة الشركات الأجنبية فى تنفيذ هذا المشروع) .

وإذا كانت شركات المؤسسة قد نجحت فى المساهمة الخلاقة فى بناء السد العالى العظيم ، فإنها بلا شك ستستطيع بنفس القدرة ، ونفس الإبداع — أن تنجز المهمة الجديدة .

الشركة المصرية لصناعة وسائل النقل الخفيف

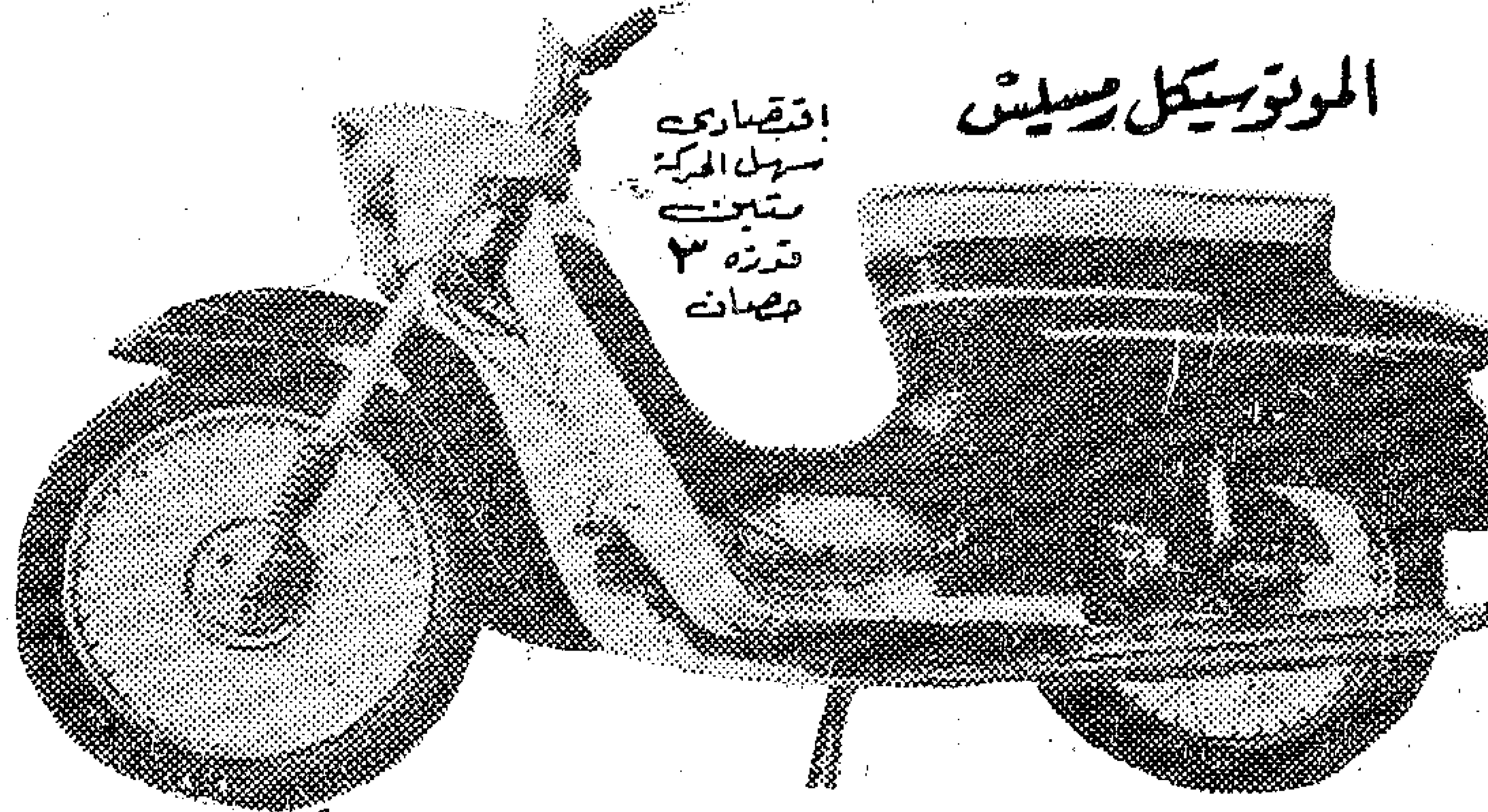
إحدى شركات المؤسسة المصرية العامة للصناعات الهندسية

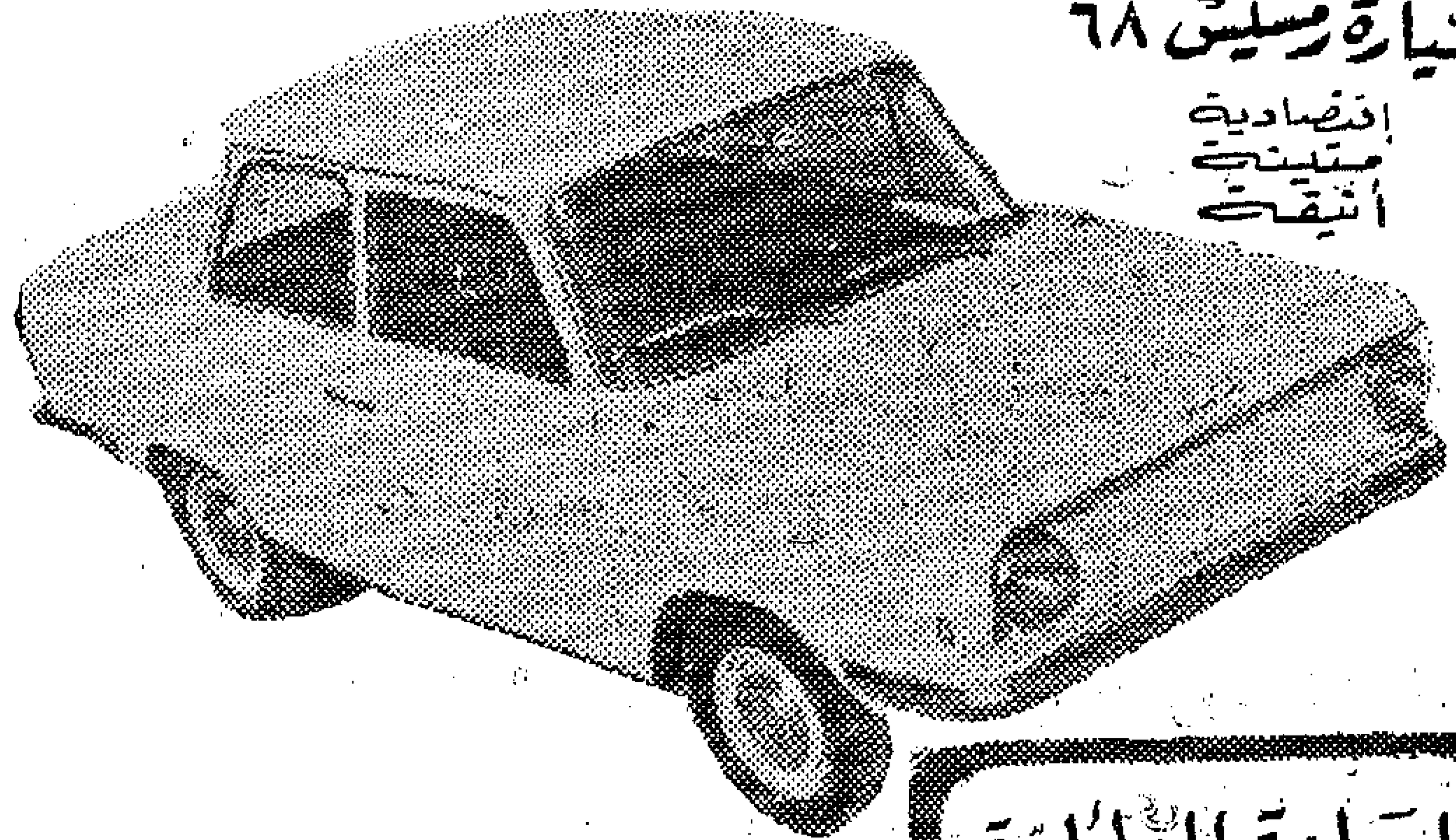
إنتاج جديد يغزو السوق المحلي، بعد غزوه الأسواق العربية والأفريقية منافسًا للإنتاج العالمي

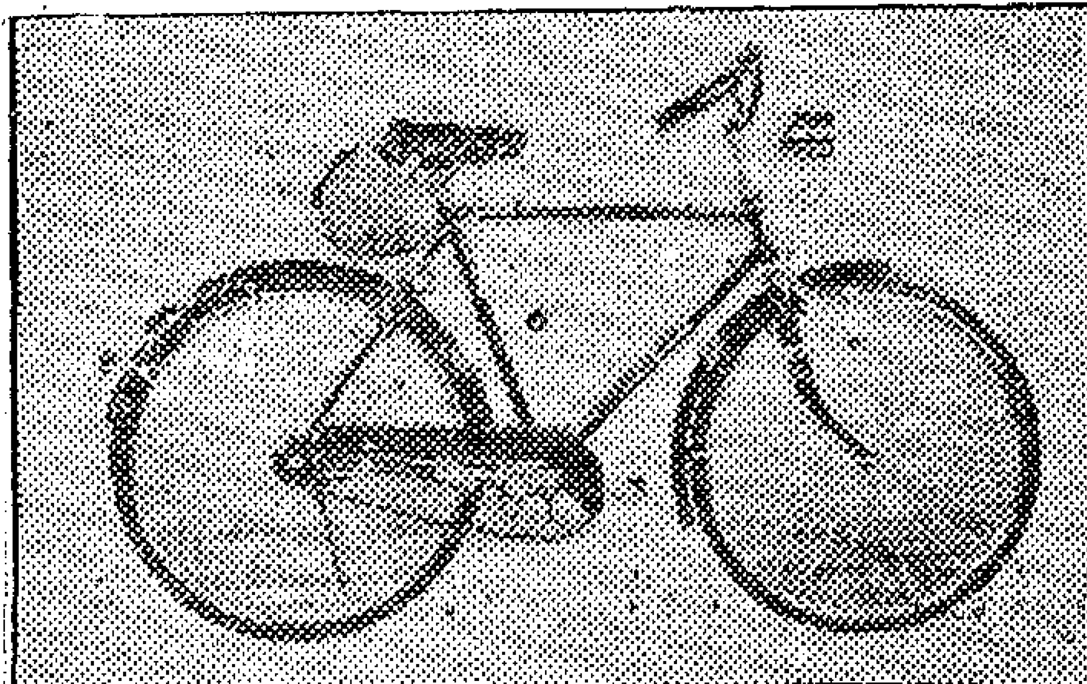
تسهم بكامل إمكانياتها من أجل رخاء وازدهار البلاد

بتقديم إنتاجها الجديد من:

- السيارة رمسيس ٦٨
- وحدات رش المبيدات الحشرية
- الموتوسيكلات رمسيس ١٩٦٨
- الدراجة العائلية الجديدة
- الدراجة الرياضية

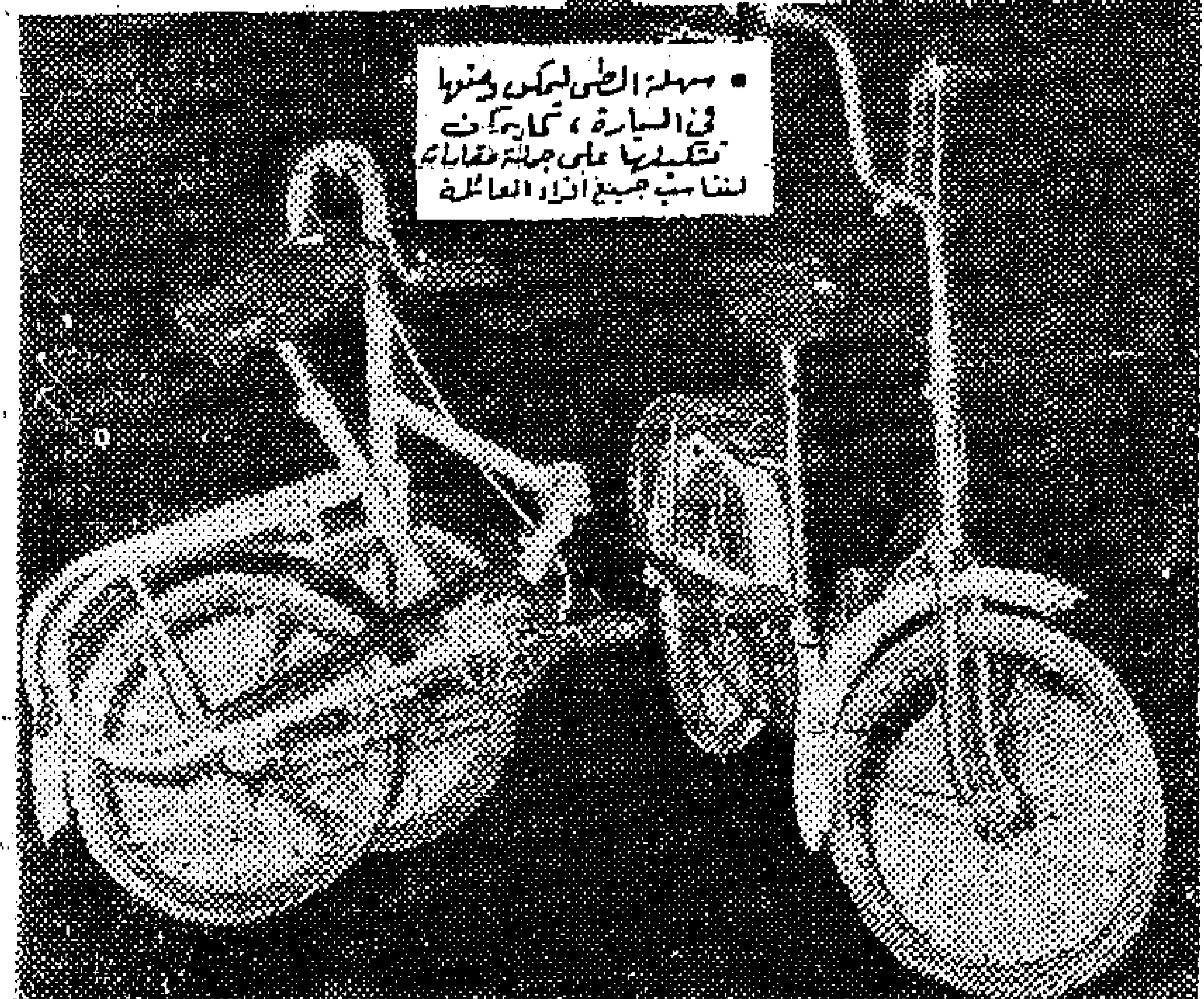






الدراجة نصر ٦٠٩

- مقاس ٢٦ طراز سبور
- مزودة بجرس ومنفاخ وشنطة للعدة وسنادة
- الدراجة المفضلة لدى الطلبة والرحلات





- سعة الخزان ٦٠٠ لتر
- الخزان مطلي من الداخل بدهان يقاوم الكيماويات والمبيدات الحشرية
- الوحدة مجهزة بطلمبة رأسية ماصة كابسة تعطي ضغط ٣٠ كجم/سم٢ كما تعطي تصرف ٣٥ لتر/الدقيقة
- المحرك بنزين رباعي الدورة يعطي ٥ حصان عند ٢٥٠٠ لفة/دقيقة

الإدارة العامة والمصانع : شبرا البلد / الأميرية ص.ب : ٢٤٧٣ القاهرة تليفون : ٨٦٢١٩١ - ٨٦٣٢٦٢

الإدارة التجارية والبيع : ٧٠ شارع الجمهورية بالقاهرة تليفون : ٩١٠٣٥٦

CONCLUSIONS

It is hoped that the results obtained, using the method described in this paper, will justify the use of this method for the determination of the most economical distribution of load between transmission lines of interconnected electric power systems in the case when there is more than one nominal transmission voltage.

REFERENCES

1. Steinberg., M.S., and Smith, T.H.: "Economy Loading of Power Plants and Electric Systems." (John Wiley and Sons, New Yo 1943).
2. George, E. E. : "Intrasystem Transmission Losses", AIEE Transactions, vol. 62, 1943, pp. 153-58.
3. George, E.E., Page, H.W., and Ward, J.B. : "Co-ordination of Fuel Cost and Transmission Loss by Use of the Network Analyser to Determine Plant Loading Schedules", AIEE Transactions, vol. 68, pt. II, 1949, pp. 1152-60.
4. Ward, J.B., Eaton, J.R., and Hale, H.W. : "Total and Incremental Losses in Power Transmission Networks", AIEE Transactions, vol. 69, pt. I, 1950, pp. 626-32.
5. Kron, G. : "Tensorial Analysis of Integrated Transmission Systems. Part I -- The Six Basic Reference Frames", AIEE Transactions, Vol. 70, pt. II, 1951, pp. 1239-48.
6. Kirchmayer, L.K., and Stagg, G.W. : "Analysis of Total and Incremental Losses in Transmission Systems", AIEE Transactions, vol. 70, pt. II, 1951, pp. 1197-1205.
7. Kirchmayer, L.K., and Stagg, G.W.: "Evaluation of Methods of Co-ordinating Incremental Fuel Costs and Incremental Transmission Losses", AIEE Transactions, vol. 71, pt. III, 1952, pp. 513-21.
8. Glimn, A. F., Habermann, R., Kirchmayer, L.K., and Stagg, G.W : "Loss Formulas Made Easy", AIEE Transactions, vol. 72, pt. III, 1953, pp. 730-37.
9. Imburgia, C.A., Kirchmayer, L.K., and Stagg, G.W. : "A Transmission Loss Penalty Factor Computer", AIEE Transactions, vol. 73, pt. III, 1954, pp. 567-571.

Equation (13) can be written in the form

$$\frac{\sqrt{3}\, I_1}{A_1\, V_1} = \frac{\sqrt{3}\, I_2}{A_2\, V_2} \text{ or } \frac{I_1}{A_1\, V_1} = \frac{I_2}{A_2\, V_2} \qquad (14)$$

Let $\delta_1 = \frac{I_1}{A_1}$ = current density of line 1

and $\delta_2 = \frac{I_2}{A_2}$ = current density of line 2

Substituting in equation (14)

$$\therefore \frac{\delta_1}{V_1} = \frac{\delta_2}{V_2} \qquad (15)$$

Ratios of current densities for lines of 22 kV, 35 kV, 110 kV, 220 kV, 380 kV and 500 kV are given in the following table relative to the current density for 110 kV lines.

V in kV	$\frac{\delta_V}{\delta_{110}}$
22	0.2
35	0.318
110	1
220	2
380	3.454
500	4.545

Furthermore, from equation (13) the relation between the transmitted powers is as follows :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{A_1\, V_1^2}{A_2\, V_2^2} \qquad (16)$$

As an illustrative example, if it is required to distribute a total power P between line 1 of 380 kV and line 2 of 220 kV where the ratio of cross-sections $A_1 : A_2$ is 3 : 1, then the ratio of powers is :

$$\frac{P_1}{P_2} = 3\left(\frac{380}{220}\right)^2 = 8.95$$

If P = 1000 MW, then the most economic distribution of transmitted power is :

$P_1 + P_2 = 1000$
$\therefore 8.95\, P_2 + P_2 = 1000$

$\therefore P_2 = 100.5$ MW and $P_1 = 899.5$ MW

Thus the most economic distribution is that line 1 of 380 kV transmits 899.5 MW and line 2 of 220 kV transmits a power of 100.5 MW.

In order to distribute the same load of 1000 MW between line 1 of 380 kV and three 220 kV lines where the cross-sectional area of line 1 is equivalent to the sum of the cross-sectional areas of the three lines 2, thus :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{(380)^2}{(220)^2} = 2.9835$$

Hence, line 1 of 380 kV will transmit a power of 748.964 MW and the 220 kV lines will transmit a total power of 251.036 MW. In order to check and prove that this load distribution is the most economic, the values of the losses in the individual lines P_{L1} and P_{L2} and the total losses P_L are calculated using equation (5) for various assumed combinations of P_1 and P_2 in order to determine the most economic combination providing the minimum total losses P_L for the given load P. These values are given in the following table from which it is clear that the combination providing the minimum total losses P_L for the given load P of 1000 MW is that of P_1 = 748.964 MW and P_2 = 251.036 MW which is in accordance with the previously obtained loading using equation (16).

P_1 MW	P_2 MW	P_{L1} MW	P_{L2} MW	P_L MW
850	150	5	0.465	5.465
800	200	4.432	0.826	5.258
748.964	251.036	3.885	1.302	5.187
700	300	3.393	1.860	5.253
650	350	2.926	2.531	5.457
600	400	2.493	3.306	5.799
550	450	2.095	4.184	6.279
500	500	1.731	5.165	6.896
450	550	1.402	6.250	7.652
400	600	1.108	7.438	8.546

THEORETICAL CONSIDERATIONS :

The theoretical principles involved can be understood by considering the simple case of two transmission lines operating at two different nominal transmission voltages.

Let V_1 and V_2 be the nominal transmission voltages of lines 1 and 2 respectively and let P be the total 3-phase transmitted active power by both lines such that :

$$P = P_1 + P_2$$

where P_1 = total 3-phase transmitted active power by line 1

P_2 = total 3-phase transmitted active power by line 2

The total 3-phase transmission line losses are given by P_L such that :

$$P_L = 3I_1^2 R_1 + 3I_2^2 R_2 \qquad (1)$$

where I_1 and I_2 = currents flowing in lines 1 and 2 respectively.

R_1 and R_2 = resistances per phase of lines 1 and 2 respectively.

Assuming that the active power is transmitted at unity power factor, i.e. $\cos \Phi = 1$

$$\therefore P_1 = \sqrt{3}\, V_1 I_1$$

$$\therefore P_2 = \sqrt{3}\, V_2 I_2$$

$$\text{or } I_1^2 = \frac{P_1^2}{3V_1^2} \qquad (2)$$

$$\text{and } I_2^2 = \frac{P_2^2}{3V_2^2} \qquad (3)$$

Substituting equations (2) and (3) in equation (1),

$$\therefore P_L = \frac{P_1^2}{V_1^2} R_1 + \frac{P_2^2}{V_2^2} R_2 \qquad (4)$$

Assuming that both lines are of the same length l.

$$\therefore R_1 = \rho \frac{l}{A_1} \text{ and } R_2 = \rho \frac{l}{A_2}$$

where ρ = resistivity of the material of the transmission line conductors.

A_1 and A_2 = cross-sectional areas of lines 1 and 2 respectively.

$$\therefore P_L = \frac{P_1^2}{V_1^2} \rho \frac{l}{A_1} + \frac{P_2^2}{V_2^2} \rho \frac{l}{A_2} \qquad (5)$$

It is desired to minimize the total 3-phase transmission line losses P_L for a given 3-phase transmitted active power P.

By application of the method of Lagrangian multipliers the equation of constraint is given by :

$$P - P_1 - P_2 = 0 \qquad (6)$$

Then minimum P_L for a given P is obtained when :

$$\frac{\delta F}{\delta P_1} = 0 \text{ and } \frac{\delta F}{\delta P_2} = 0 \qquad (7)$$

where $F = P_L - \lambda (P - P_1 - P_2)$

λ = Lagrangian type of multiplier

$$\frac{\delta F}{\delta P_1} = \frac{\delta P_L}{\delta P_1} - \lambda \frac{\delta}{\delta P_1} (P - P_1 - P_2) = 0 \quad (8)$$

and

$$\frac{\delta F}{\delta P_2} = \frac{\delta P_L}{\delta P_2} - \lambda \frac{\delta}{\delta P_2} (P - P_1 - P_2) = 0 \quad (9)$$

$$\therefore 2 \frac{P_1}{V_1^2} \rho \frac{l}{A_1} + \lambda = 0 \qquad (10)$$

and

$$2 \frac{P_2}{V_2^2} \rho \frac{l}{A_2} + \lambda = 0 \qquad (11)$$

For the most economical distribution of power between the two lines.

$$2 \frac{P_1}{V_1^2} \rho \frac{l}{A_1} + \lambda = 2 \frac{P_2}{V_2^2} \rho \frac{l}{A_2} + \lambda \qquad (12)$$

$$\text{or } \frac{P_1}{A_1 V_1^2} = \frac{P_2}{A_2 V_2^2} \qquad (13)$$

THE ECONOMIC LOADING OF TRANSMISSION LINES

By

Dr. Eng. MEDHAT ADIB NASR
Lecturer, Electrical Engineering Department,
Faculty of Engineering, Cairo University.

INTRODUCTION :

The problem of economic loading of interconnected power systems has been one of gradual evolution. Transmission lines are the elements, or building blocks, of an electric power network; and generally, all sources of generation are not located at the same bus but are interconnected by means of a transmission network consisting of long high-tension overhead lines to the various loads. It will be necessary, of course, for optimum economic operation of power systems to recognize the occurrence of transmission losses. Furthermore, as systems increase in size and complexity, transmission losses constitute an important factor in determining the most economical operation of power systems and the loading of transmission lines should be such that the transfer of energy is economical. Thus, any efforts to minimize transmission line losses will usually pay very good dividends.

HISTORICAL BACKGROUND :

Extensive research has taken place into methods of coordinating generation on an equal incremental fuel-cost basis with the incremental cost of the transmission line losses for optimum operating efficiency of large power systems by the application of transmission loss formulae.

Following the Steinberg and Smith[1] publication in 1943 on the economy loading of power plants and electric systems, a relation for expressing total system transmission losses in terms of generator power was derived by George[2] in the same year. George, Page, and Ward[3] co-ordinated transmission losses and fuel costs by the application of a loss equation containing constants derived from a network analyser study. A method of determining a loss formula with the aid of the A.C. network analyser was presented next in 1950 by Ward, Eaton, and Hale.[4]

In 1951, Kron[5] derived a loss-equation using tensorial methods, requiring considerably fewer measurements and calculations. Kirchmayer and Stagg[6], using Kron's methods, analyzed a transmission loss formula and established its accuracy as well as its practicability in calculating transmission losses. In another article presented in 1952, Kirchmayer and Stagg[7] described and analyzed various methods of co-ordinating incremental fuel costs and incremental transmission losses.

The application of small automatic digital computers to calculate a loss formula was presented by Glimn, Habermann, Kirchmayer, and Stagg[8] in 1953. Imburgia, Kirchmayer, and Stagg[9] have described a computer for use in system load dispatching. The computer calculates, from the loss constants of a system, transmission loss penalty factors which are used in conjunction with an incremental fuel cost slide-rule for obtaining economic balance between generating stations. Operation of the slide-rule and the computer provides a method of combining transmission losses and generation costs, and of applying them to the loading of a system under rapidly changing conditions.

In this paper a new approach to the problem of economic loading of transmission lines operating at different nominal transmission voltages has been forwarded.

ACKNOWLEDGEMENS

The authors wish to thank the Geological Survey and Mineral Research Department, Ministry of Industry, U.A.R. for supplying the sample worked on. Also, thanks are due to members of the Refractories and Building Material Section, National Research Centre, particularly Dr. H. Imbaby. The effort done by Mr. A. Sultan is greatly acknowledged.

REFERENCES

1. T.I. Advgeva, Trud. Vost. Sib. Fil. Akad. Nauk SSR, **13**, 178-184, (1958).

2. M.K. Akaad & M.F. El-Ramly, Geological Survey & Mineral Research Department, Ministry of Industry, Cairo, 1962.

3. O.B. Arakalian & A.A. Shistiakeva, Trudy 6—GO—SOVESHCHANIIA, Po eksperimi tekhn. Mineralogii Pe trogr. (1961), Moscow Akad. Nauk USSR, 237-242, (1962).

4. O.I. Arakelyom, A.A. Chistyakova, Yu. I. Pavlov & L.M. Bodzorova, Tsvet. Metally., **8**, 54-58, (1962).

5. A.G. Bikova & E.I. Khazanov, Izv. Sibirsk. Otd. Akad., Nauk USSR, **6**, 83-88, (1959).

6. P.M. Chizikov, I.N. Kitler, Trud. Vost. Sib. Fil, Akad. Nauk USSR, **13**, 144-159, (1958).

7. B. Kh. Chvartsman, N. S. Volkova, T. T. Chavloskhova, V.Kh. Gabilov, & M.S. Kachkovskii, Tsvet. Metally, **7**, 41-45, (1962).

8. Dana's System of Mineralogy, 7th edition

9. E.I. Khazanov, A.E. Khliupine, Trud. Vost. Sib. Fil. Akad. Nauk SSSR, **13**, 134-143, (1958).

10. U.V. Kuzmina, A.F. Khlyupina, E.I. Khazanov & E. M. Shishyanskova, Ibid., **43**, 63-68, (1962).

11. A.I. Lainer, U.L. Kotievai, Izvest. Vyssh. Ucheb. Zaved. Tsvetn. Metallurgy, **6**, 71-76, (1962).

12. A.I. Lainer, M.A. Koleikova, L.U. Kotifeva, Tsvet. Metally, **10**, 50-55, (1962).

13. A.I. Lafner & L.U. Kotieva, Izvest. Vyssh. Ucheb. Zaved Tsvetn, Metallurgy, **1**, 90-94, (1963).

14. M.G. Leiteizen & N.M. Kontorovitch, Moscow Tsvet. Metal., **12**, 49-54, (1961).

15. M.G. Manrenyan, A.A. Khanamiryan, C.A. Bakhchisaraitseva, B. A. Taliashvild and N. T. Mkitchyan, Izvt., Metall., **7**; 45-51, (1962).

16. M.G. Manvelien & C.E. Asatrian, Esvestin, Akademy of Science Arm. SSR. Khim. Nauk, **15**, 113-118, (1962).

17. A.V. Pavelov, Trud. Vost. Sib. Fil. Akad. Nauk SSSR, **13**, 185-200, (1958).

18. V.D. Ponomarev & V.S. Sazhin, Izv. Vyssh. Uchebn. zavedenii Tsvet. Metallurgia, **2**, 93-100, 1958.

19. N.N. Postnikov, I.A. Ablichenkev & B.B. Yerzina, Teckn. Nauk. Inst. Po udobr ii nsekt of ungisidam, **8**, 3-25, (1958).

20. N. Sevryukov, B. Kuzmin & Y. Chelishchev, "General Metallurgy", Peace Publishers Moscow.

21. B. Shapiro, Trud. Vost. Sib. Fil. Akad. Nauk SSSR, **13**, 107-124, (1958).

22. I.K. Skebeyev, Ibid., **13**, 255-262, (1958).

23. I.A. Spoutnova & A.I. Beliaev, Izvest. Vyssh. Uchebn Zaved, Tsvetn. Metallurgy, **5**, 93-99, (1962).

24. I.A. Spoutnov & A.I. Beliaev, Ibid., **1**, 90-94, (1963).

25. L.A. Zakharov, Tr. Armyansk Inst. Strtim. aterialou Sooruzhenii, **1**, 159-183, (1959).

TABLE 7

No.	Firing Temp. (°C)	Firing Time (hrs)	CaO/SiO (molar)	% CaO	% R_2O_3	% SiO_2
1	1000	$8\frac{1}{2}$	2	61.5	3.7	34.8
2	1000	15	2	59	6	35
3	1000	24	2	55.7	9	35.3
4	1200	5	2	65	1.9	33.1
5	1200	5	2.1	67.5	1.3	31.3
6	1200	5	2.5	70.2	1.1	28.7
7	1300	$\frac{1}{4}$	2	61.3	6.7	32.0
8	1300	$1\frac{1}{2}$	2	65.8	0.4	33.8
9	1300	3	2	60.7	7.4	32.0

7.1. *Residues obtained at 1000°C :*

As shown in Table 7, the silica content of the three samples is nearly the same while alumina increases with the time of firing as it would be expected from Figure 5 All compositions lie outside the triangle C_3S — C_2S — C_3A and require additions of various amounts of calcareous material.

7.2. *Residues obtained at 1200°C :*

As previously mentioned, firing for five hours at 1200°C forms soluble aluminates and dicalcium silicate. Accordingly for CaO/SiO_2 ratio of two, the composition of residue is expected to lie very close to C_2S composition (see point 4). If CaO is increased in the charge, the mixture will be richer in C_3S as indicated by points 5 and 6 i.e. high CaO/SiO_2 ratios produce better cement.

7.3. *Residues obtained at 1300°C :*

Apart from the composition obtained after firing for $1\frac{1}{2}$ hours (point 8), the two other compositions lie very near to the tie line C_2S-C_2AS and are not suitable, as such, for cement. Firing with calcareous material is required.

8. *CONCLUSIONS*

The concentration of Egyptian nepheline ore using magnetic or heavy media separation is promising and needs further investigation. After correcting the charge (—150 mesh ore) by adding $CaCO_3$ and Na_2CO_3, and compacting the mixture into dense pellets, maximum alumina extraction was obtained on firing at 1200°C for more than five hours or at 1300°C for $1\frac{1}{2}$ hours.

The optimum CaO/SiO_2 ratio giving maximum extraction of alumina (95%) was found to be 2.1 (molar), while the optimum values for leaching conditions are; concentration of leaching solution 150 gm. NaOH/lit., Liquid/Solid ratio 12.5 : 1, time of leacing 45 minutes.

The residues obtained after leaching can be used as they are or after adding the proper amounts of a calcareous material, for cement production.

6. *EFFECT OF AMOUNT OF LIME ADDED TO THE CHARGE*

To investigate the effect of lime in the charge, pellets having CaO/SiO_2 molar ratio of 2.0, 2.1, 2.3 and 2.5 were treated using the predetermined optimum conditions. The results indicate a slight increase in extraction as the ratio increases from 2.0 to 2.1, followed by an insignificant decrease with further increase in the CaO/SiO_2 ratio. The initial increase may be due to higher probability of mixing between the particles thus increasing the rate of reactions, while the final decrease may be due to the formation of compounds, containing the CaO (in excess) and some alumina, which are not affected by the leachant, thus decreasing the extraction efficiency.

7. *RESIDUES AS RAW MATERIAL FOR CEMENT*

After leaching, some residues were selected and chemically analysed to compare the compositions with those of cements. The results are shown in table 7 and the compositions are plotted on the ternary system CaO — Al_2O_3 — SiO_2 shown in Figure 8.

Before discussing the results, it should be mentioned that the main constituents of cement are tri-calcium silicate (C_3S), di-calcium silicate (C_2S), tri-calcium aluminate (C_3A) and the solid solution approximating the composition of tetra-calcium alumino-ferrite (C_4AF). The best compositions for cement lie inside the triangle C_3S-C_2 S-C_3A near the high lime side to decrease the trouble of dusting. However, all the lime should be chemically combined to ensure the soundness of cement.

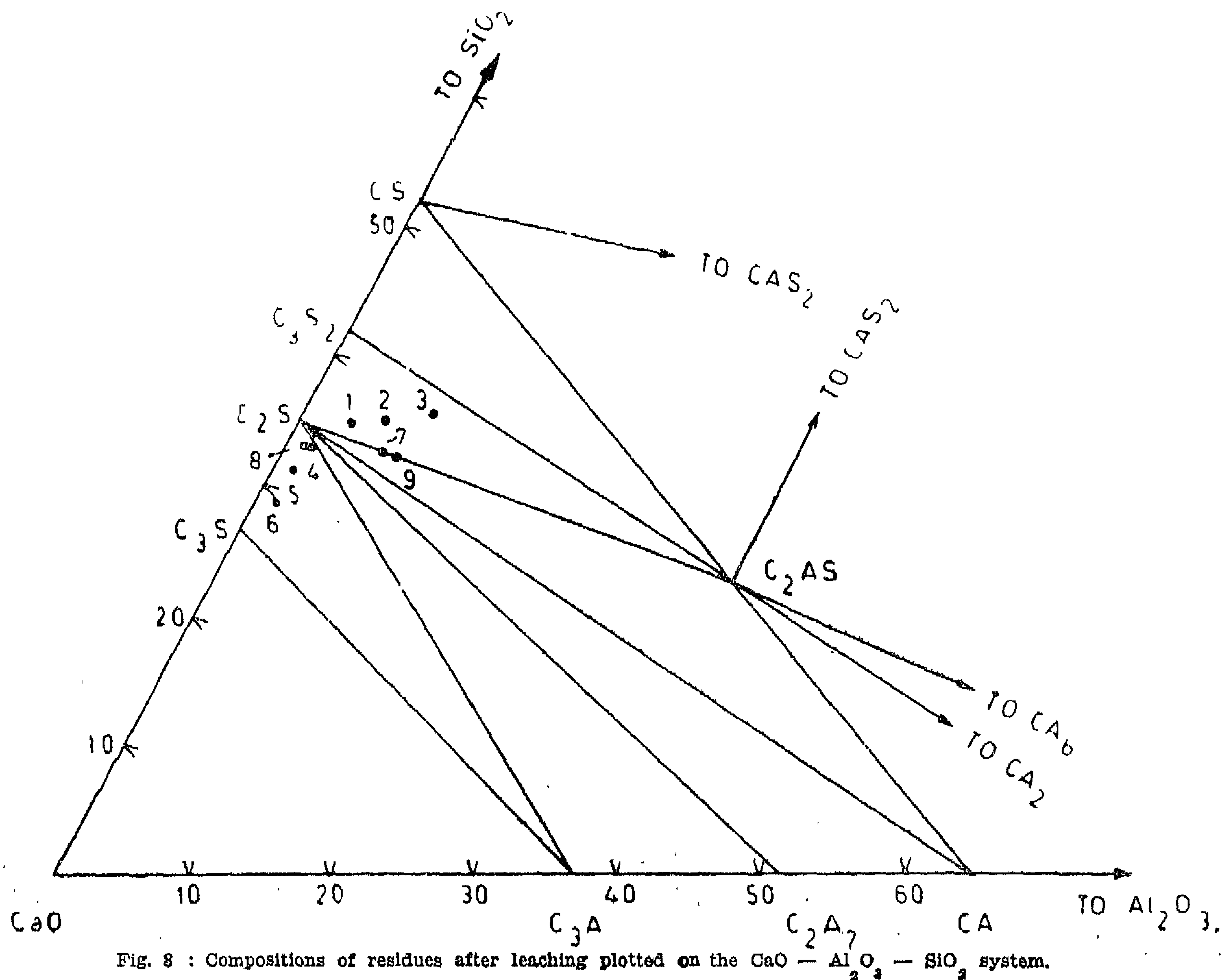


Fig. 8 : Compositions of residues after leaching plotted on the CaO — Al_2O_3 — SiO_2 system.

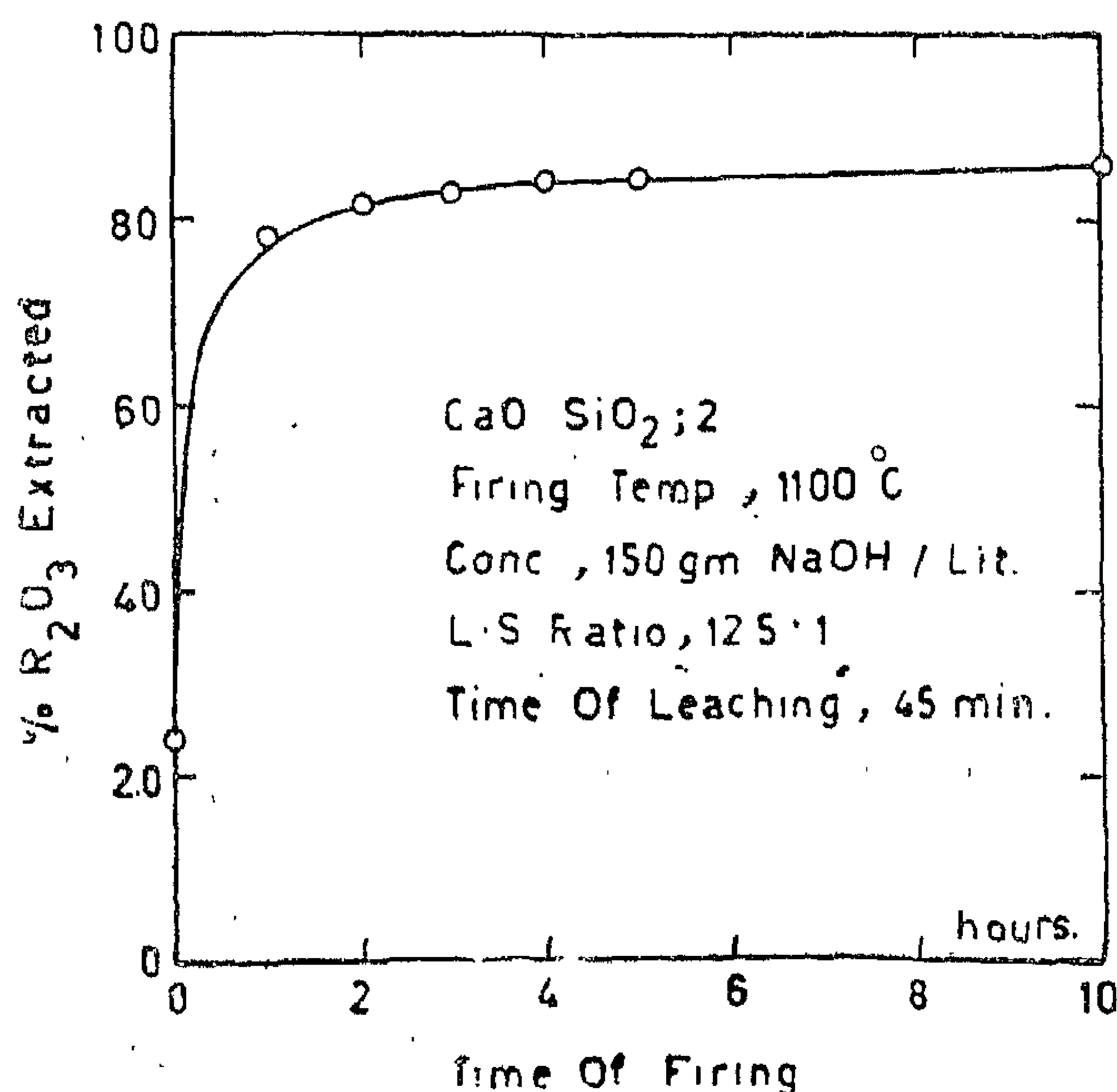


Fig. 5 . Effect of time of firing at 1100°C on extraction efficiency.

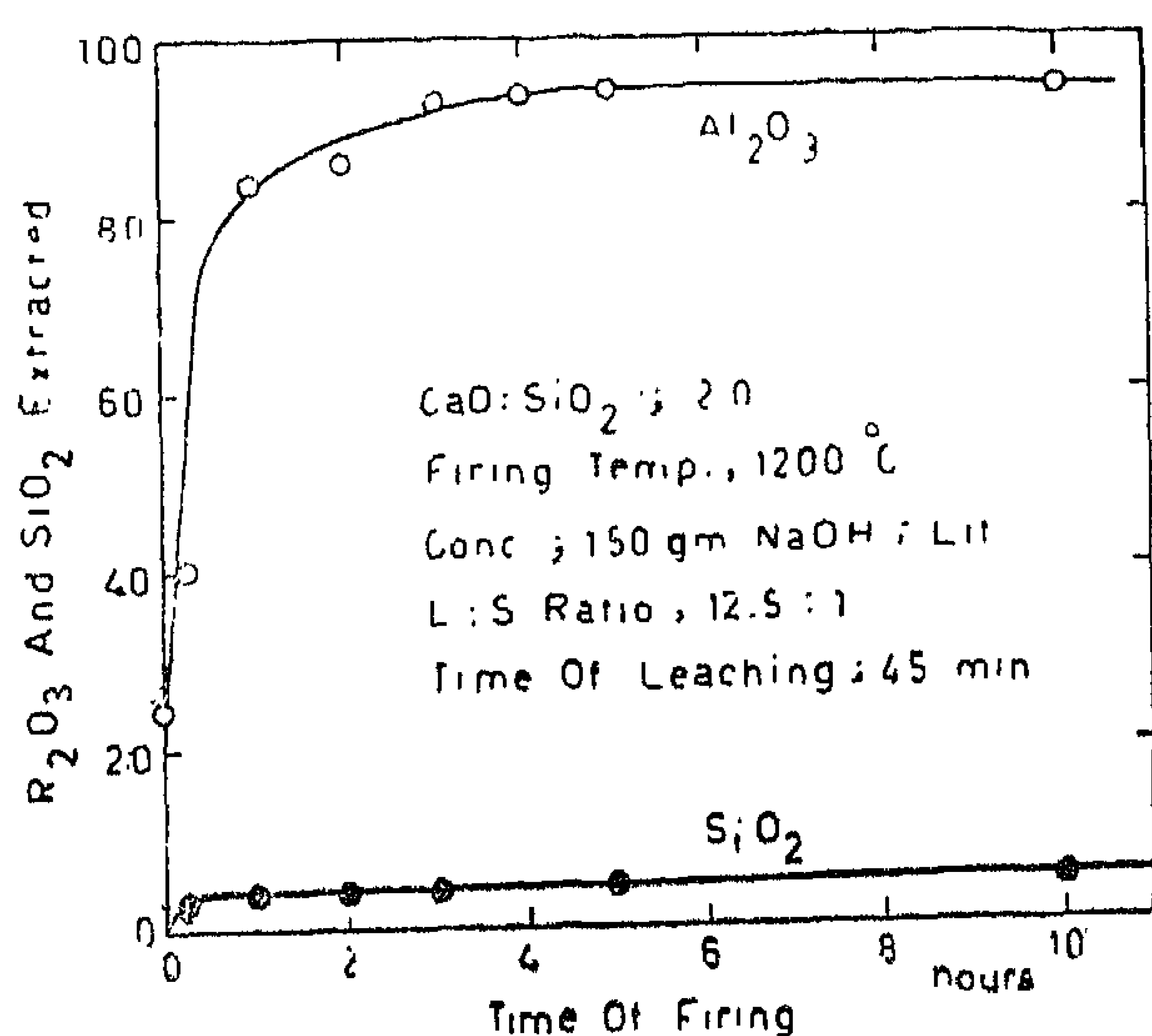


Fig. 6 : Effect of time of firings at 1200°C on Al_2O_3 and SiO_2 extracted.

It should be noted that for the same firing time, the amuont of alumina extracted after firing at 1200°C is greater than that extracted after firing at 1100°C.

5.3. Firing at 1300°C :

As shown in Figure 7, the amount of alumina extracted increases to about 94 % on heating to 1½ hour, but further heating decreases the efficieniy greatly. Pellets obtained after firing were very hard containing glassy material. The glassy phase has a colour changing from brownish green to dark brown depending on the time of firing. It seem that there is a tendency for the formation of a silicate phase, taking the alumina in its network thus decreasing the amount of alumin extracted. The initial increase may be due to the formation of intermediate phases which can be affected by the alkali solution, as mentioned earlier for results obtained at 1000°C.

This implies that under equilibrium conditions heating for 8 hours at 1300°C forms unleachable liquid phase and cooling this slowly back to 1200°C will form the aluminates and

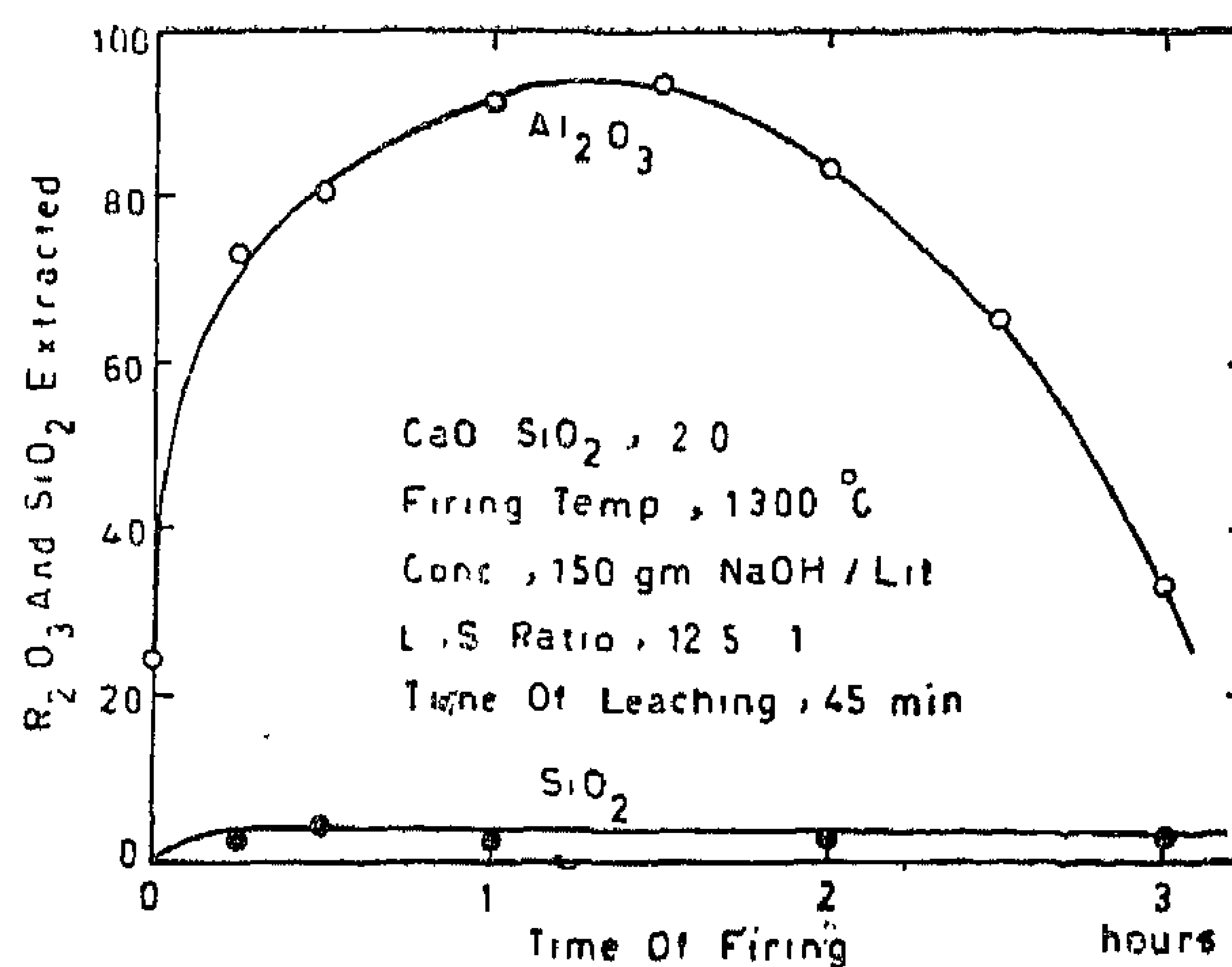


Fig. 7 : Effect of time of firing at 1300°C on Al_2O_3 and SiO_2 extracted.

dicalcium silicate thus increasing the amount of alumina extracted. This was found to be true and on cooling slowly from 1300° to 1200°C then to room temperature, the amount extracted increased from 33 % to about 90 %. X-ray powder pattern obtained after firing for three hours at 1300°C shows the existence of little amount of sodium aluminate.

5. *EFFECT OF FIRING TEMPERATURE*

The effect of firing temperature was studied at 1000°, 1100°, 1200°, and 1300°C. Higher temperatures were not tried since a great proportion of the mass melted at 1300°C.

Pellets containing CaO/SiO_2 ratio of two were fired; (a) at 1000°C for 1, 2, 3, 4, 8½, 10½, 12, 15, 17, 20 and 24 hours, (b) at 1100°C for 1, 2, 3, 4, 5 and 10 hours, (c) at 1200°C for ¼, 1, 2, 3, 4, 5, & 10 hours, and (d) at 1300°C for ¼, ½, 1, 1½, 2, 2½, and 3 hours. In all cases, after soaking the pellets at the required temperature, they were air quenched to room temperature then ground to — 150 mesh and leached using the optimum conditions previously determined viz; Concentration = 150 gm. NaOH/lit., L : S ratio = 12.5 : 1, and Leaching time = 45 min. The solutions obtained were analysed for Al_2O_3, Fe_2O_3, and SiO_2 and the results are represented in Figures 4,5,6 and 7. Iron was not detected in all cases while silica never exceeded 5%. The curves for alumina are not similar in shape and the results cannot be easily interpreted in the absence of phaes relationships in the complicated system "CaO — SiO_2 — Al_2O_3 — Na_2O — K_2O — iron oxides" at the indicated temperatures.

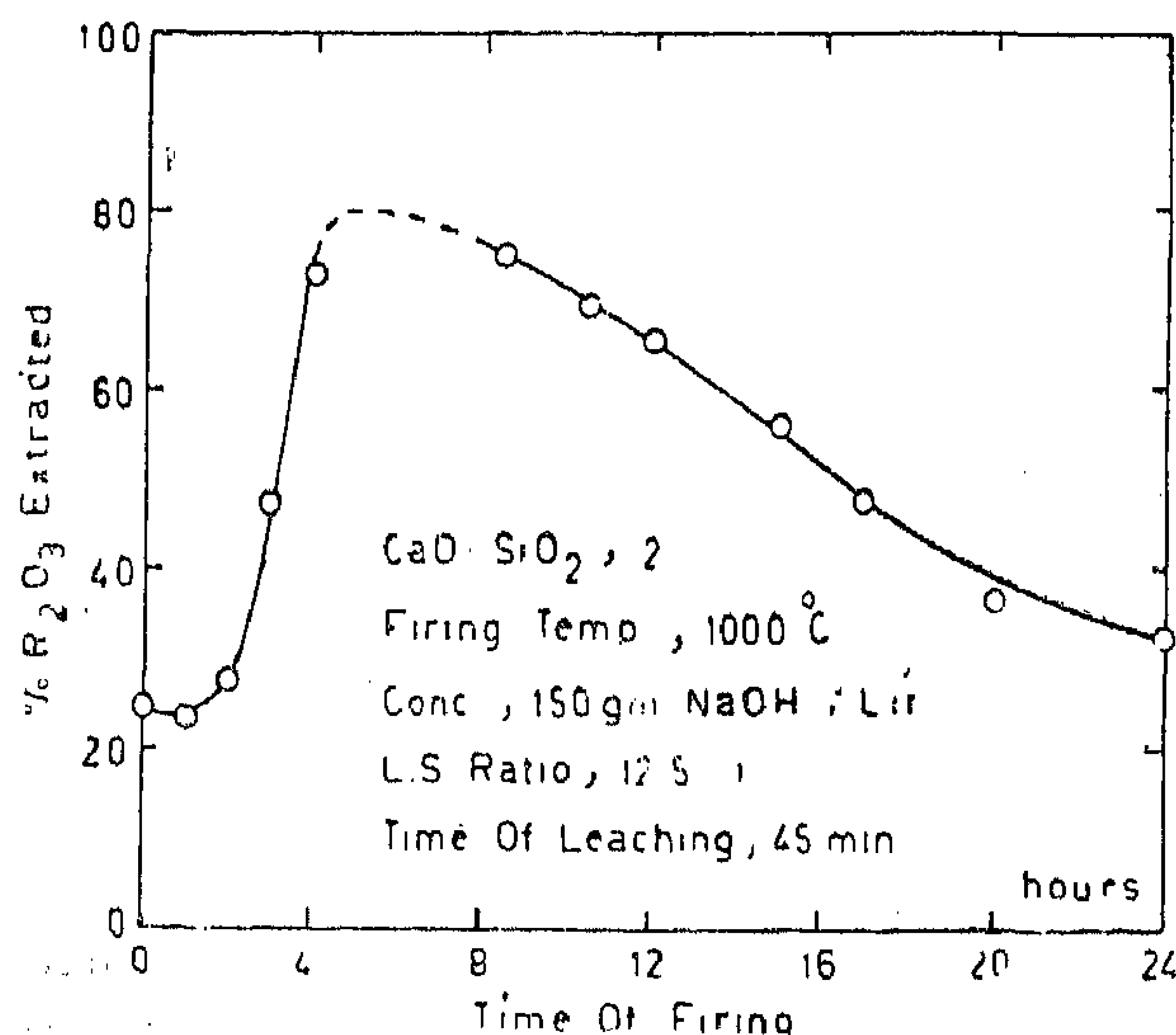


Fig. 4 : Effect of time of firing at 1000°C on extraction efficiency.

5.1. *Firing at 1000°C :*

As shown in Figure 4, increasing the time of firing increases the alumina extracted to about 80% them it decreases again. This suggests that the equilibrium phases at 1000°C are not soluble aluminate and dicalcium silicate, but products which are not affected much by the solution. Before reaching such equilibrium, intermediate phases are formed which are either soluble in the alkali or can easily dissociate giving soluble aluminates, such as $CaO. Al_2O_3$ or $5\ CaO. 3\ Al_2O_3$, thus giving the initial rise in the amount of alumina extracted. On further heating, these phases disappear and the amount of extractable alumina will decrease.

This conclusion was checked by examining the powder pattern obtained by X-day for the specimen fired for 24 hours. While the lines corresponding to sodium and potassium aluminates were absent, lines corresponding to various calcium alumino-silicates and alkali alumino-silicates such as $CaO. Al_2O_3. 2\ SiO_2$, $2\ CaO. Al_2O_3. SiO_2$, and $K_2O. Al_2O_3. 2\ SiO_2$ were present. Free lime was also present since the main lines of $Ca\ (OH)_2$ existed. This proves that under equilibrium conditions a big portion of alumina exists in an unleachable, chemically combined form.

5.2. *Firing at 1100 and 1200°C :*

Curves obtained at 1100° and 1200°C for alumina, shown in Figures 5 and 6 are similar. In both curves, the amount of alumina extracted increases with the time of firing which suggests that on heating the amounts of soluble aluminates and insoluble dicalcium silicate increase. This was checked by examining the powder pattern obtained by X-ray for the specimen fired for 10 hours at 1200°C. The main phases were found to be sodium aluminate and dicalcium silicate. The latter was found to exist in γ and β forms indicating partial transformation during cooling.

showing that as the alkali concentration increases the reaction will be shifted to the left i.e. the alumina will be in the soluble aluminate form. As the alkali concentration decreases, part of the aluminate will dissociate giving insoluble hydroxide which will not be leached, thus lowering the extraction efficiency.

4.3. *Effect of Liquid/Solid Ratio: (L/S) :*

Ground powder, prepared as discussed under the effect of concentration, was leached with a solution containing 150 gm. NaOH/litre for 30 min. using liquid/solid ratios of 5 : 1, 7 : 1, 10 : 1, 15 : 1 and 25 : 1.

Figure 2 shows the results obtained which indicte that as the liquid to solid ratio increases to about 12.5 : 1, the alumina extracted attains a maximum value, then further increase of liquid decreases the extracted alumina. To ascertain this optimum value another set of experiments were carried out using the optimum conditions found in this study and the curve obtainted gave the same optimum value for the L : S ratio.

The initial increase can be attributed to the fact that, the decrease in L : S ratio leads to bad mixing of the constituents and production of viscous liquid, thus decreasing the extraction rate. Also, when small amount of liquid is used it will be concentrated rapidly

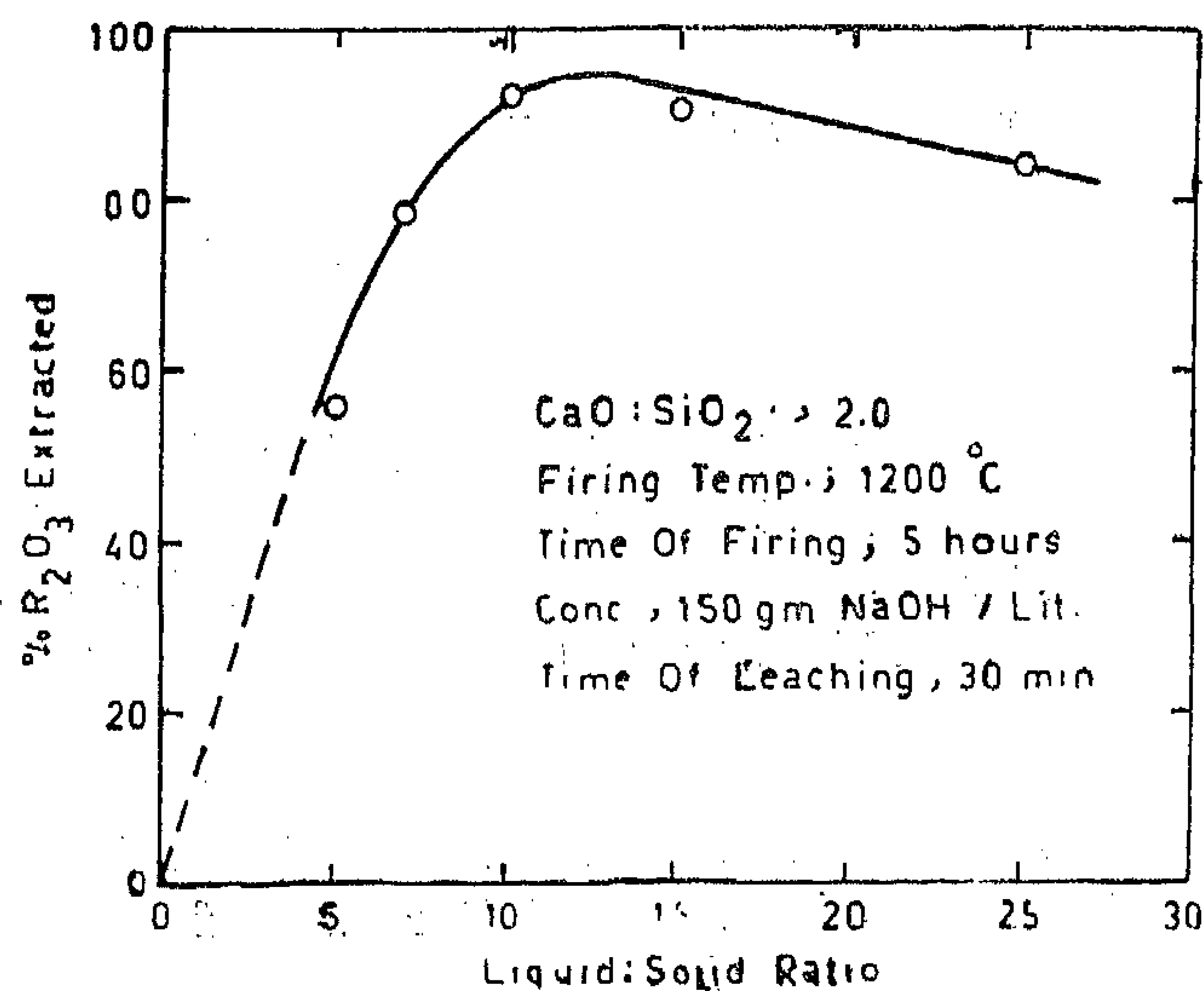


Fig. 2 : Effect of liquid/solid ratio on extraction efficiency.

and the driving force for extraction will decrease. The final decrease in efficiency of extraction above L : S of 12.5 : 1, may be due to the formation of insoluble compounds such as that shown by the reaction;



$$Na_2O.\ Al_2O_3 + 2\ (Na_2O.\ SiO_2) + 4\ H_2O =$$



$$Na_2O.\ Al_2O_3.2\ SiO_2.2H_2O + 4\ NaOH \quad \dots (2)$$

This reaction proceeds to the right on heating for a long time and the solubility of the formed hydrated compound increases with increasing the aluminate concentration in the liquor, i.e. with low liquid/solid ratio. (20).

4.4. *Effect of Leaching Time :*

The optimum values obtained for the concentration and liquid/solid ratio were used to deteremine the effect of leaching time. Figure 3 shows the results obtained using pellets prepared as mentioned before. As leacing time increases, the extraction efficiency increases but further increase in time decreases the efficiency. The initial increase is understandable since longer time allows bigger chance for the kinetic changes to take place; but the final decrease is unexpected and may be due to the formation of $Na_2O.\ Al_2O_3.\ 2\ SiO_2.\ 2\ H_2O$ according to reaction (2). The amount formed increases by time, thus decreasing the quantity of soluble aluminate.

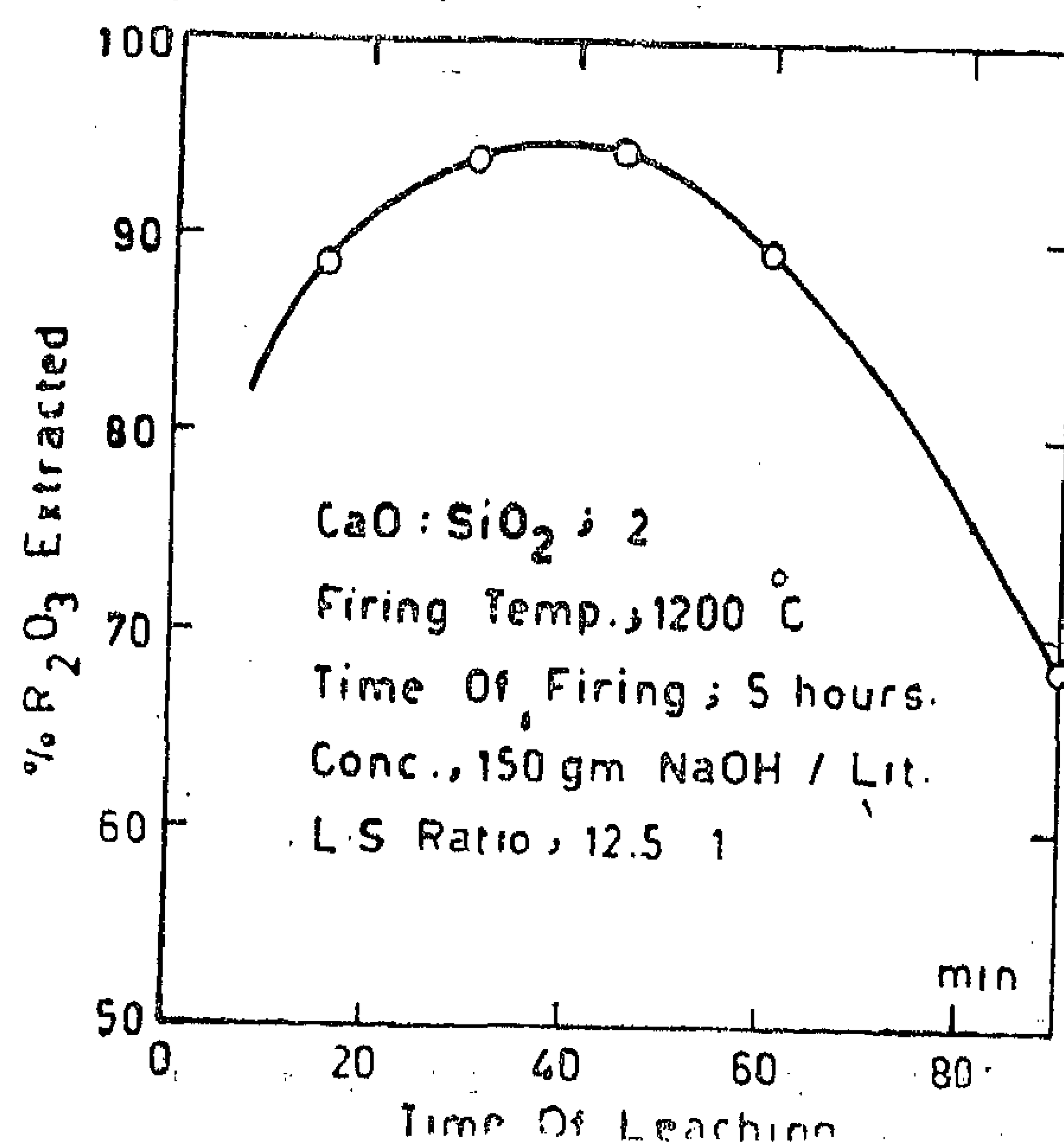


Fig. 3 : Effect of time of leaching on extraction efficiency.

4.1.2. *Preparation of pellets:* To increase the rate of reactions occurring during firing, the mixture was compacted to green pellets by a hydraulic press. To obtain a uniform pressure inside the pellets, the thickness/diameter ratio was kept minimum and the floating technique of pressing was adopted. The pellets prepared were 1.6 cm diameter and 0.3 — 0.5 cm, thick and the applied pressure was calculated to be 2100 Kg/cm².

4.1.3. *Firing of green pellets:*

Firing was carried out in a platinum wound resistance furnace. The temperature was adjusted by an automatic controller to ± 5°C. After reaching the required temperature, the pellets were inserted in the hottest zone and soaked for the required time.

Fired pellets were ground to — 150 mesh in an agate mortar before leaching to extract the soluble products.

4.1.4. *Leaching Procedure :*

After complete firing, the main phases required are soluble aluminates and insoluble dicalcium silicate. The efficiency of leaching depends on; particle size, nature and concentration of the leachant, liquid/solid ratio, time, and temperature of leaching. In this investigation leaching was carried out on → 150 mesh particles at the boiling temperature with continuous stirring.

The amount of leachant, of the required concentration, was calculated according to the selected liquid/solid ratio. The liquid was added to the fired powder in a small beaker which was heated to boiling and the amount of liquid was kept constant by adding boiling distilled water. This process was carried out for the required time, then the material was quickly filtered and hot water was used to wash the residue.

The percentages of R_2O_3 (Al_2O_3 + Fe_2O_3), SiO_2, and Fe_2O_3 in the filtrate were determined. R_2O_3 was determined by adding ammonium chloride and calcining the hydroxide precipitated; while Fe_2O_3 and SiO_2 were determined spectro-photometerically.

As will be shown later, the amount of iron oxide extracted was negligible and accordingly the % R_2O_3 obtained will be a direct measure for the efficiency of alumina extraction.

4.2. *Effect of leachant concentration :*

Pellets containing CaO/SiO_2 ratio of 2, fired at 1200°C for 5 hours then left to cool slowly in the furnace to room temperature, were used as the starting material in studying the effect of concentration of the leachant. Liquid/solid ratio was kept at 10 : 1 and time of leaching was 30 min. Freshly prepared sodium hydroxide solutions containing 50, 100, 125, 150, 175 and 200 gm. NaOH/litre were used. The results are given in Figure 1 which shows that the amount of alumina extracted increases rapidly as the concentration increases to about 150 gm/litre at which about 93% of the alumina was extracted. Above this concentration the amount extracted does not increase much.

The increase in the extraction efficiency with alkali concentration is to be expected if we consider the reaction; $Na_2O.\ Al_2O_3 + 4\ H_2O = 2\ Al\ (OH)_3 + 2\ NaOH$ .... (1)

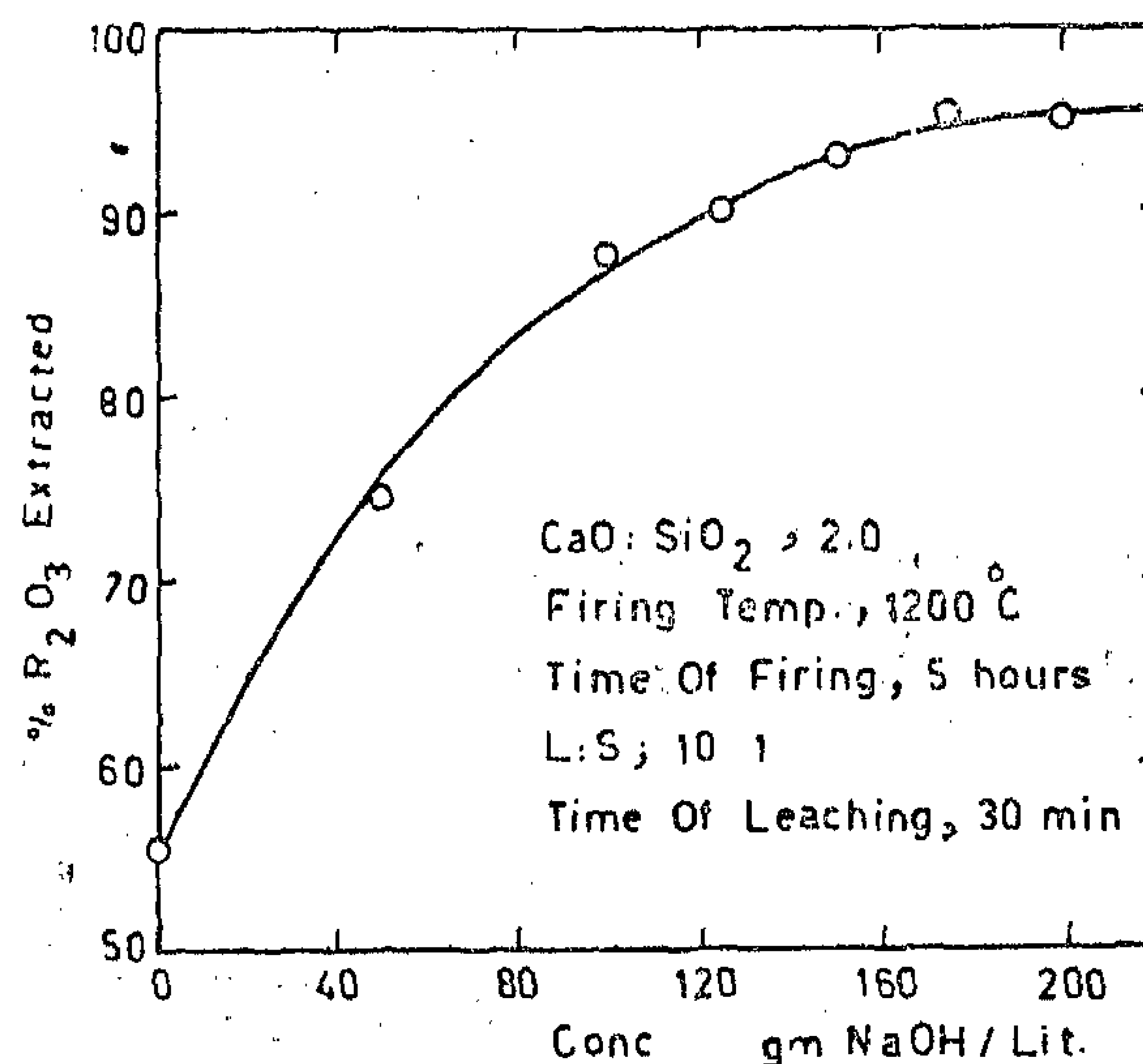


Fig. 1 : Effect of Concentration of the alkli solution on extraction efficiency.

A Denver table of 125 × 65 cm and 3 mm riffles was used with a solid/liquid ratio of 1 : 4. The water flow rate cas 1.5 l/min. while the angle of tilt was 5° and the reciprocating speed 350 stroke/min (stroke = 20 mm). The weight fractions of the light, middlings and heavy products were 0.80, 0.06 and 0.14. The dryed fractions were analysed and the results are shown in Table 4. According to these results, tabling increased the alumina content from about 26.5 % (the value calculated for the — 40 + 150 mesh fraction from Table 2) to 27.2% which is not effective. Better results may be obtained with closer particle size range.

TABLE 4

Product	Weight Fraction	% Fe_2O_3	% Al_2O_3	% SiO_2
Light	0.80	1.2	27.2	51.3
Middlings	0.06	5.6	23.1	52.6
Heavy	0.14	10.6	18.1	56.4

3.4.3. *Magnetic separation :* Since aegirite is a weakly magnetic mineral, a high intensity magnetic field is required for efficient separation. Fine material was eliminated to avoid interference and the fraction worked on was the — 40 + 150 mesh particles. A little amount of a strongly magnetic material, which was found to be magnetite, was separated and added to tails. Table 5 shows the results obtained using a magnetic field of about 4000 Orsted. The results are promising and about 90% of the total alumina in the ore was recovered in the concentrate.

TABLE 5

	Weight Fraction	% Fe_2O_3	% Al_2O_3	% SiO_2
Concentrate	0.84	0.92	30.1	53.2
Tails	0.16	14.6	17.5	40.1

3.4.4. *Heavy media separation :*

Bromoform was selected since its density lies between that of aegirite and those of the remaining constituents (See Table 3). Commercial bromoform of specific gravity 2.26 was used and the results which are also promising, are given in Table 6.

TABLE 6

	Weight Fraction	% Fe_2O_3	% Al_2O_3	% SiO_2
Float	0.85	1.14	30.5	52.5
Sink	0.15	11.3	9.6	44.5

4. *LEACHING PROCESS*

4.1. *Experimental Technique :*

4.1.1. *Raw materials:* It can be envisaged from Table 1. that the amount of alkali present in the ore is not enough to form sodium and potassium aluminate and ferrite, on firing. Accordingly pure sodium carbonate, was added to the charge (all are ground to) → 150 mesh particles) to give $(Na_2O + K_2O) / (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 1$. Unless otherwise stated the CaO/SiO_2 ratio was kept at two by adding calcium carbonate.

After weighing the amounts calculated, the ore, sodium carbonate and calcium carbonate, were carefully mixed in an agate mortar to obtain a homogeneous mixture.

The nepheline was found to be altered and in some parts the colourless nepheline was found to be completely kaolinitised. The characteristic carlspad twinning was observed in laths of potash feldspars which contain pertitic albite as a result of exsolution occurring on cooling (8). Elongated albite crystals were also identified by their characteristic lamellar twinning. Strongly pleochroic aegirite changing from deep grass green to brownish yellow or olive green to greenish brown was also identified.

3.2. *X-Ray Examination*

The selected four specimens were finely ground and the powder patterns, obtained using cobalt radiation with iron filter, were identical. The main constituents are nepheline, potash feldspar, albite, and aegirite, as established microscopically.

3.3. *Chemical Analysis :*

Table 1 shows the average chemicol analysis obtained for the ore, compared with Kolsky concentrate (17) used in U.S.S.R. for alumina production as well as a similar Russian ore.

TABLE 1

% Content	Egytian Ore	Kolsky Conc.	Zangarsky Ore
Al_2O_3	24.4	29.5	24.3
SiO_2	57.3	43.5	56.4
Fe_2O_3	3.0	3.1	3.1
CaO	1.2	—	2.0
Na_2O	9.6	19.0	13.1
K_2O	4.7		

It could be seen that Egyptian ore, as Zangarsky or Ojune ores (17) is characterised by it's low percentage of alumina and alkali and its high percentage of silica.

3.4. *Ore Concentration :*

A preliminary study was carried out just to show the possibility of enriching the ore; size clasification, tabling, magnetic separation and heavy media separation were tried.

3.4.1. *Size classification:* After crushing the the ore in a roll crusher, a disc-attrition mill was used for grinding. The ore was screened and the various fractions were chemically analysed. The results are shown in Table 2.

TABLE 2

Screen Analysis

Size (mesh)	% Retained	% Fe_2O_3	% Al_2O_3	% SiO_2
− 40 + 60	6.7	2.5	28	56
− 60 + 100	30	2.7	28.1	59
− 100 + 150	14.3	2.8	22.5	57.5
− 150 + 200	14	3.4	20.1	58.3
200	34.6	3.6	23.8	57.5

In view of the above results, it can be concluded that alumina is concentrated in the coarse fractions, but unfortunately these portions are high in silica as well and the fraction −60 + 100 mesh contains only about 35% of the total alumina present in the ore.

3.4.2. *Wet tabling:* Table 3 shows the main constituents of the ore, and their specific gravities. It is to be expected that tabling, which is a cheap method of concentration, may be effective in separating most of the aegirite, thus decreasing the contents of iron oxide and silica.

TABLE 3

Mineral		Sp. Gr.
Nepheline	Na_2O (K_2O), Al_2O_3, 2 SiO_2	2.62
Potash Feldspar	Na_2O (K_2O), Al_2O_3, 6 SiO_2	2.57
Albite	Na_2O, Al_2O_3, 6 SiO_2	2.61
Aegirite	Na_2O, Fe_2O_3, 4 SiO_2	3.54

Ponomarov and Sazhin, (18) studied the various factors affecting extraction of alumina when nepheline is treated with caustic solutions in the presence of lime in autoclaves. In this process, alumina is obtained as aluminate solution while the silica is removed with the residue. The main advantages of this process is that it avoids some steps as firing and grinding and facilitates further treatment of the aluminate solution. The main difficulties lie in selecting the materials of construction and the complications of designs of used equipment.

Spoutnov and Beliaev (23, 24) tried, on the other hand, to fuse nepheline with highly concentrated caustic alkali at low temperature (350°C) at atmospheric pressure. The fusion product was then crushed and the soluble aluminate was leached with hot water.

Advegeva (1) studied the effect of nitrogen oxides on the decomposition of nepheline syenite while Skebeyev (22) and Manvelien and Asatrian (16) used ammonium sulphate, sulphuric acid and bisulphates for decomposing nepheline and removing the silica. After cleaning the solution from iron, alumina is preciptiated and treated by the Bayer process.

The well established method used in Russia from 1949, can be considered as a modification of the Deville Pechiney method in which the charge is corrected by adding limestone and soda ash (in some cases), so that there is one grim moae of Na_2O to every gram mole of Al_2O_3 and Fe_2O_3 and 2 gram moles of CaO to each gram mole of SiO_2. The mixture is fired in a rotary kiln at 1250-1300°C to form soluble sodium and potassium aluminates and insoluble dicalcium silicate (20). The sintered mass is simultaneously ground and leached with recycled soudium hydroxide liquor in a ball mill. The aluminate solution obtained is treated for silica removal before passing CO_2 to precipitate the hydroxide which is then calcined to alumina. The remaining residue obtained after separating the aluminate solution is made to cement. After precipitating alumina, some of the remaining liquor goes to leach the sinter while the rest is utilised as a source of sodium and potasium carborates.

Most of the available publications on this method concerns the process of purifying the aluminate solution (12, 15, 17, 20), the properties and uses of the residues obtained (3, 25), and precipitation of aluminium hydroxide (13, 14).

It should be mentioned that the method has some disadvantages as low productivity due to the consumption of huge amounts of fluxes, high capital cost, and formation of crusts in the kiln thus disturbing the operation. Trials to use fluidized bed technique (6) and to use sintering machines (17) instead of rotary kilns has been carried out.

3. *PRELIMINARY INVESTIGATION ON EGYPTIAN NEPHELINE*

Barthoux in 1922, was the first to state that nepheline is present in Gabal Abu Khruq in south eastern desert of Egypt. This area was recently studied by H.K. Akaad and M.F. El-Ramly (2) and the amount of proved ore was estimated to be 350 million tons. A representative sample was kindly supplied by the Geological Survey and Mineral Research Dept., Ministry of Industry, U.A.R. The nepheline is present in some specimens as a greyish phase and in others as a buff phase. Only variation in texture was observed and most of specimens contain long laths of potash feldspar.

Four hand specimens were selected for microscopic and X-ray examination.

3.1. *Microscopic Examination :*

While polished section failed to show the phases present, thin section was very helpful in identifying the existing minerals. It has been proved in all specimens that the main constituents of the rock are potash feldspar, nepheline, albite and aegirite together with some accessories in minor amounts as magnetite, barkivikite, turmaline, muscovite, biotite, apetite, and hornblend.

EXTRACTION OF ALUMINA FROM EGYPTIAN NEPHELINE

By

MAGIDA M. SHAABAN,
Dr. AHMED M. GADALLA and
Dr. SAID Y. EZZ,
Faculty of Engineering, Cairo University.

ABSTRACT

Studies on Egyptian nepheline ore for its use in alumina production were carried out. The main constituents were found to be potash feldspar, nepheline, albite and aegirite. Among the various concentration processes, magnetic and heavy media separation were found to increase the alumina content to about 30% with 90% recovery.

The effect of firing temperature (1000°, 1100°, 1200° and 1300°C.) was investigated after correcting the charge by adding $CaCO_3$ and Na_2CO_3 and compacting the mixture into pellets. Maximum extraction was obtained on firing at 1200°C for more than 5 hrs or at 1300°C for 1½ hr. Optimum CaO/SiO_2 ratio, concentration of leaching solution, time of leaching and liquid/solid ratio were found to be 2.1, 150 gm. NaOH/lit, 45 min, and 12.5 respectively.

The compositions of residues obtained showed the possibility of their use as raw material for cement.

1. *INTRODUCTION*

Nepheline is a quartz free igneous rock which attracted the attention of various workers both in Metallurgical and ceramic fields. It has been used industrially in U.S.S.R. as a raw material for extracting alumina due to the absence of traditional bauxitic ores. The residue obtained from the above process can be used in cement industry. Also, due to its low fusibility and high fluxing action nepheline is used in some ceramic industries.

The aim of this investigation is to study the possibility of using nepheline ore discovered in Gabal Abu Khruq in Egypt, (2) as a raw material for extracting alumina by firing with lime and leaching. This paper deals with chemical, mineralogical and X-ray examination of the ore, the possibility of its concentration, the effect of; firing temperature, lime added, concentration of leaching solution, liquid to solid ratio, and time of leaching on the leaching efficiency. The composition of residues has also been studied.

2. *METHODS OF EXTRACTING ALUMINA FROM NEPHELINE*

Recently, several studies have been carried out in U.S.S.R. dealing with concentrating various nepheline ores and the possibility of extracting metallurgical grade alumina from them (5, 9, 10, 17, 19, 21, 22). While some authors are interested in modifying the method used successfully on Kolsky ore (9, 19, 22), (firing nepheline with limestone and then leaching the formed aluminate), others are interested in using new techniques which are still under research.

Some Questions which Are to Be Considered in Planning for Stocks for the National Economy as a Whole.

We present the following directions related to stocks, which we consider as basic in connection with the whole machinery of planning from the standpoint of the national level.

1. The Study and Methodological Work.

   a) Study on the problems of classification for stock management including the determination of strategic, scarce and non-scarce products;

   b) Work on the methods and techniques in planning and norm setting for stocks according to different types of materials, levels of management, planned periods and branches;

   c) Establishment of the system of material incentives in respect of stock reduction;

   d) Determination of the appropriate information basis for production, requirements for production and stocks and flows of this informatinn.

2. Organizational Sphere.

   Determination of the responsibility and authority of central organs, branch regional, enterprise and other organs for plannig and management of stocks;

3. Training of Personnel.

   The importance of stock planning requires specialists particularly trained in this field and responsible for stock management.

In cases, when stock management and norm-setting of non-scarce materials is directed by enterprises, it is necessary in a state managed economy to create economic tools and pressures for better utilization of material resources and stock reduction. The system of material incentives for enterprises and workers plays such a role. In relation to stock reduction it is necessary to stress the importance of profits of enterprises as a criterion of effective utilization of material resources on the one hand, and the system of crediting the financing of stocks with an obligation to pay interest.

In view of all this the elaboration of methods to reflect stocks in material balances is of great significance. In a state managed economy scientifically grounded norms for stocks must serve as the necessary basis for working out material balances, the calculations for the requirements of the national economy and perspective planning for production.

Some Questions Connected With the Dependence of Stocks on the Adopted Forms of Supplies.

As it was noted above, the extent of mobility in component parts of the overall stocks of one or another type of product is a serious factor for regulating economic relations among branches and from this view-point it might seem advisable to concentrate stocks chiefly with the enterprises — suppliers and partly in storehouses. However this would require everyday dispatch of materials to each consumer (user). This would cause collossal growth in transportation costs. That is why together with mobility it is also necessary to take into consideration the means by which products are set in motion.

Moving the products of productive and technical purpose starts from the moment of their incorporation into the composition of commodity stocks with producer enterprises and ends up with passing from consumer stocks (stocks with users) to the process of direct productive consumption. This flow is broken down into two independent phases : products resting in the sphere of circulation and in the sphere of production.

If we consider only the first phase, almost in all cases with goods in transit forms of supply they achieve a fast rate of circulation with minimum inputs of delivering products, if compared to goods in storehouse form of supply.

In the first case, commodity stocks become necessary only to make up for the time of arranging products in a batch, placing them in the means of transportation and delivering to the users. The overwhelming mass of stocks, is, consequently, formulated in the sphere of production with consumer enterprises. Whereas with goods in storehouse form of supply the quantity of commodity stocks is increased, for there appears one more link in stock holding. The total time of products flow increases. But commodity stocks cannot be considered in an isolated way, without their connection with production stocks, for stocks come forward as an intergrated whole. Therefore if goods in transit form makes the flow of material resources faster in the sphere of circulation but is simultaneously accompanied to a greater extent by its slow down in the sphere of productive consumption, then it naturally loses its economic expediency. In certain circumstances caused by small batch quantity requirements for certain resources goods in storehouse form may appear to be more profitable.

Speeding up material resources rate of circulation as a whole makes it possible, without somewhat essential increase in costs, to involve additionally in the process of productive consumption part of the products intended for production and technical purposes, which are predominantly kept in the form stocks. Essentially, a process like this is equivalent to the increase in output of these products within a certain period under the invariable level of the inputs of their production.

In our opinion, planning practice enables us to distinguish two main types of norms for material stocks :

Firstly, the norms for stocks which are applied in the system of planned balances and which determine stocks by the end of the planned period. They are known as planned norms.

Secondly, the operative norms, which indicate the limiting magnitudes for the level of material stocks by each kind of product.

Both types of norms terminate the quantity of material resources ensuring the continuous process of production. At the same time there is an essential difference between them.

As for the norms for planned stocks, these are intended for calculating a requirement for the resources which are to be kept in stock by the end of the planned period and they are meant to provide for the continuous production process in the period following the planned one. These norms serve as the basis in the elaboration of material balances, inter-branch balances and plans.

The operative norms, however, are needed in order to work out operative plans for supplies, in order to determine the extent of material sufficiency in production by any necessary date with a view to exposing the excess material stocks, i.e. for their everyday regulation.

Some Specific Features of the Calculations Connected with Production Stocks which are Critical in the System of Balances.

At every stage of economic development production of different types of material resources differently corresponds to the requirements of the national economy.

In other words, it may appear in every period that one type of product is manufactured in abundance, others in sufficient amounts, and some appear to be scarce.

Scarcity of concrete products is mainly one of the factors to be taken into account in solving the problem of centralization in their distribution and, consequently, that of obligatory planned norms for material stocks, which are to be elaborated by higher planning and economic bodies. The fact is obvious, that if some product is scarce for some time, the target consists in allocating it to those branches, where the most significant problems of economic development are solved and the highest rate of productivity in social labour is achieved. In respect of such products the economic leaders, who aspire to the highest general economic results, cannot but set limits to the allocation of resources on the basis of centrally elaborated norms. In such circumstances the costs connected with stock holding may be somewhat higher. There is not anything unnatural or reproving about it in view of the given development stage. Such is the usual response of the economic organism and it does not at all testify against the centrally elaborated norms for stocks. At the same time it should necessarily be noted that norms should be based upon careful technico-economic calculations, upon the all-round account for the conditions of production, transportation and consumption.

With regard to the products available in sufficient amounts the problems of calculating stocks are viewed in a slightly different way. In the latter case it becomes possible not to set strict limitations in a centralized way to the allocation of resources for the formulation of stocks within all the links of the national economy. Disposing of sufficient material resources authority can be given to every economic unit independently to determine the magnitude of the norm for stocks. With all this, only one requirement is usually to be met — the level of stocks ought to contribute to the efficiency, for it is presupposed, that in this case the elaboration of norms is also based on scientific methodology which is to be set up by the Central Planning Body and which provides for the exchange of information about production and requirements for this production.

Essential methodology of planning for stocks has its characteristic features subject to the materials utilized, different levels and periods of planning, and different branches.

Unfinished production stocks (stocks of unfinished products) are composed of the value of the products found at different stages of the production process unfinished by a certain date — from the first operation of material processing up to the moment of passing to the category of finished output of the enterprise. Unfinished production in a number of branches with a long cycle of production is one of the most significant elements of the current funds of the enterprise and practically their estimation is made, due to certain distinctive features, separately from the estimation of stocks.

Some Requirement for the Formulation of Stocks.

The process of planned total stock formulation under the circumstances of a state management economy ought to correspond to a number of requirements.

It is necessary, first of all, that the quantity of total stocks should be sufficient in order to provide for continuous process of production and circulation.

On the other hand, it is necessary to come to the greatest permissible stock reduction in the national economy raising simultaneously its mobility, if taking into account the fact that the formation of stocks (the period of their storage is meant) denotes immobilization of material resources produced in the national economy and the investments in them. As practice testifies, mobility is characteristic for that part of products, which is available with suppliers (producers) and in any moment can be forwarded to the user in a planned order.

Mobility of stocks at the warehouses of suppliers agencies is, as a rule, somewhat localized, because they are designed for the consumers (users), who are mainly located within the area of the respective warehouses and depots. And, finally, the least mobile are the material resources kept at the enterprises directly consuming these products.

The creation and storage of stocks is connected with certain inputs. Hence comes the third condition of formulating the total stocks: the minimization of the summary national economic inputs, connected with their formulation.

Some Problems Connected with Norm-Setting for Stocks[1].

Under the circumstances of industrialization of a country and creation of a powerful state industry, the role and significance of scientifically grounded norm-setting for all material resources including stocks is increased.

In order to make ready the methods of determining norms for stocks it is necessary to have a clear idea what norms are needed for the national economy.

To treat this point the following questions can be considered :

- the purpose of different types of norms;
- the correlation between the norms elaborated with central bodies and those worked out by enterprises, construction units and other organizations;
- the degree of aggregation in norms;
- account for the distinctive features of setting norms for different materials, etc.

1) The general problems of norm-setting are considered in the paper "Some Remarks on the Elaboration of the Normative Basis for the Purposes of Planning", by G. Pavlov and P. Spevacek, December, 1966.

capacities. A basic methodological tool for co-ordinating the mentioned elements is the system of balances, which is based on the system of norms[1]. One of the great advantages of state ownership of means of production is the possibility to create and unify the information basis for production, production requirements, stocks, sales, and other elements of reproduction, to organize the exchange of information among enterprises and different levels of management (national — branch — enterprise) and thus, co-ordinate the national economy and reach a higher level of efficiency.

Planning and control of material stocks in state management economies combine planning for their volume, structure and distribution on the basis of scientifically grounded norms all-round analysis for both the stocks themselves, and the conditions of production, circulation and consumption of finished products. To this also refer the control over the position of resources and their manoeuvring by the aid of balance calculations and other methods.

With no pretence for sufficient completeness it is possible to imagine that the total stocks of products may be broken down into their basic types (production stocks, unfinished production and the stocks of finished production), although this break-down can be different.

Production stocks represent the products for productive and technological purpose available at consumer enterprises or constructions and, consequently, those which have entered into the sphere of production but not yet directly utilized in the process of production.

Stocks of production supplies consist of raw materials, basic and auxiliary materials, fuels, bought—in semifinished products and parts, instruments and other means of production. The absolute magnitude of production stocks is measured, first of all, in physical units — by weight, bulk, pieces, etc., which makes it possible to determine the volume of the funds necessary for stock formulation, and the requirement for store-houses, etc.

The amount of stocks can be also calculated according to their value, which is necessary in exposing the requirement for current assets. The measurement of stocks in the number of days, during which production or construction is well supplied, is utilized for planning, norm-setting and controlling their level and for the evaluation of the rate of their circulation.

According to their purpose and order of circulation stocks of production supplies can be subdivided into current, insurance and preparatory.

Current stocks are to provide for continuous production during the period between two successive deliveries.

Insurance stocks (guarantee stocks) are designed in order to secure continuous process of production in case current stocks are exhausted and delays occur in the delivery of the next supply.

Preparatory stocks are created stemming from the time needed for quality chek-up, sorting, expedition, preparation for productive consumption, and so on.

At the enterprises, where seasonal intervals are available in transportation or procurement of raw materials, the stocks of production supplies are formulated in the form of seasonal stocks.

Stocks of finished production — are the products for productive or technologial purpose available in the sphere of circulation within different links of their flow from the place of production to the sphere of consumption. Stocks for sale combine :

a) finished products directly at producer enterprises.
b) those in the process of being delivered to consumers (users).
c) those available at the warehouses of sales and supplies agencies.

1) Some problems of the system of balances for the purposes of planning are outlined in the paper "Some Remarks on the Problems of Constructing and Utilizing Input-Output Tables in the UAR." by V. Spevacek and G. Pavlov, (august, 1966).

Planning for all the sides of reproduction is the objective necessity that arises from the state ownership of the basic means of production. Under such conditions planning for material stocks is also the objective necessity.

The mechanism of planning and management of the national economy of which the planning for stocks is an inseparable part, has undergone several development stages according to the level of economic development, objectives sought and resources available.

There has always been a certain level of central decision — making and in the allocation of resources at each stage of economic development.

During the stage of industrialization of a country, when the problems of basic changes in the structure of the national economy and basic changes in proportions of the national economy are solved (creation of heavy industry and increase in the share of accumulation) with limited resources, the higher level of centralization is objectively necessary in order to direct these limited resources according to the priorities which are to be established by the central authorities. To this stage of economic development corresponds the economic mechanizm in which the leading position is taken by the state development plan and the directives are given in the field of output, supply, stocks, etc. on the basis of calculating production requirements and stocks by means of norms and the system of material balances. This stage of economic development is characterized by the global disequilibrium between production capacities and demand for this production. In conditions of general disequilibium it is not possible to use fully the market mechanism because of a great danger of price increases, and inflation, because of the possibility to expand such production, which is not necessary for providing for fast economic development of a country. Even in this centralized model of economic mechanism the centrally planned targets in the fields mentioned are limited to the basic and strategic commodities.

Next stage of management and planning, which corresponds to the higher level of economic development, wants to use more the forces of the socialist market and direct economic development through the state development plan with wider utilization of the market mechanism.

The basic prerequisite for proper functioning of the market is creation of certain proportionality between supply and demand. In the conditions of general equilibrium greater freedom may be given to the enterprises in planning outputs, stocks and so on without highly detailed interference of the central authorities. For the physical planning and planning for stocks it concretely means that the centrally planned targets, as directives, will be limited to a certain number of quite concrete items, which are considered as strategic for the country and whose distribution cannot be left to market forces.

In the process of wider utilization of the market mechanism the leading role in the management of the national economy will remain with the state development plan and market forces will be significantly influenced by the national planning. In this respect the processes which are under way in many socialist countries and which superficially seem to come nearer to the market mechanism in the sense it is applied in western countries have quite different inner economic content.

Some General Questions of Planning for Stocks

The problems of planning for stocks we consider are an inseparable part of planning both at the national and enterprise level. The level of stocks is to be analysed and planned, namely, in connection with production plans, capacity plans, supply plans, financial plans, etc.

In relation to production planning it is necessary to calculate simultaneously production requirements, stocks and utilization of

SOME REMARKS ON THE PROBLEMS OF PLANNING FOR STOCKS

By

V. SPEVACEK
UN Expert in Input-Output Construction

G. PAVLOV,
UN Expert in Inter-Industry Analysis

In presenting "Some Remarks on the problems of planning for Stocks" we should like to emphasize the fact that the preparation of this paper, which was written to conform with the request of the Permanent Secretariat for Manpower Training, has been influenced by very short time devoted to writing it and by the fact both the experts do not specialize in the field of stock management.

The efficiency of social production, successful struggle for overall economy of time and general inputs depend, in many respects, on the methods of formulation distribution, redistribution and storage of material stocks.

The process of production at every individual enterprise is characterized by a definite volume, technological cycle, rythm and output quantity frequency, which are stipulated by concrete conditions of oonsuming means of production, and especially subjects of labour.

The availability of material stocks is the necessary requisite for the continuity and expansion of social production. Under the circumstances of developed social division of labour they provide for "synchronization" and proper correlation among different individual links of the national economy.

Thus, one of the main active functions of material stocks is the continual maintenance of proportionality.

Performing this function matciral stocks affect most directly the efficiency of social production.

The main target in planning for stocks is to envisage the optimum level of stocks which provides for maximum possible output of the national economy as a whole with the minimum level of inputs.

In the process of management and planning for stocks there are two dangers which have similar repercussions for the national economy — they both lead to the decrease of the efficiency of the national economy. These two dangers are : over-stocks on the one hand and understocks — on the other hand.

The insufficient quantity or not proper complemented composition have a negative effect on the utilization of productive manpower and on productive capacities; it also induces some failure in the planned assortment of the manufactured output.

On the other hand, high stocks exclude from the national economic turnover certain commodity and material values, make immobile the current assets invested in them, thus causing deterioration in the financial position of enterprises and reducing their profitability.

In the developing economies both dangers may exist as a result of great economic changes, scarce resources, foreign pressures and relatively weak management and planning. The way to solve these problems at this stage of economic development is strengthening and developing the national planning simultaneously with improving the enterprise planning and management.

The advantages of a planned economy make it possible to mobilize and place at the service of the society those vast reserves of economy which may be used under skillful utilization of material resources.

CONCLUSIONS

1. The deformations of the redundant Vierendeel girder are almost the same as those of the statically determinate system, formed by introducing hinges at the mid-points of its members.

2. The deformations of the Vierendeel girder are partly due to bending moments and partly due to normal and shearing forces. The contributions of the bending moments and normal forces are more or less of the same order, while the contributions of the shearing forces are relatively smaller. As a rough aaerage $\delta_M : \delta_N : \delta_Q = 7 : 3 : 1$.

3. The contribution δ_Q of the shearing forces can be calculated from the web area A_w instead of the equivalent area A'. The error involved in this approximation is negligible.

4. The ratio $\delta_Q : \delta_M$ of the contributions, due to shear and bending, to the deflections of the Vierendeel girder is higher than that of an equivalent plate girder. It is nearly constant, regardless of whether the girder is simple or continuous and independant of the height-span ratio.

5. Since the bending moments and shearing forces of the Vierendeel girder arise from the shearing forces of the equivalent beam, the deformations resulting from the shears will be nearly proportional to those resulting from the bending moments. The former are about 15% of the latter.

6. The effect of the haunches on the deformations of the Vierendeel Girder can be considered as equivalent to a reduction of the lengths of the members. For members having haunches at an angle of 45°, which is generally the case in practice, this reduction amounts to about one third the length of the haunch. This applies to symmetrical as well as unsymmetrical haunches.

7. Adding the effect of the rigid parts of the connections to that of the haunches, gives an equivalent total reduction of roughly 20% in the lengths of the members. The deformations of the Vierendeel girder can, therefore, be calculated for a reduced length of 80% of every member.

By including the effect of the shearing forces as well as that of the rigidity of the joints and haunches in calculating the deformations of the Vierendeel girdrr, a more complete picture of its elastic behavious is achieved.

REFERENCES

1. L.C. Maugh, "Statically Indeterminate Structures", John Wiley and Sons Inc., New York, 1946.

2. I.A. el-Demirdash, "Statics of the Vierendeel Girder", Vol. XII, I.A.B.S.E. Publications, 1952.

3. I.A. el-Demirdash and H.A. Abdel Wahab, "The continuous Vierendeel Girder", Bulletin of the Faculty of Eng., Cairo University, 1958.

4. I.A. el-Demirdash, "Der durchlaufende Rahmenträger," Vol. XIX, I.A.B.S.E. Publications, 1959.



$$r_N = \frac{A_c}{k't} \log \left(\frac{A_1' + k'tb}{A_1'}\right) \qquad (5,b)$$

$$r_Q = \frac{A'}{k't} \log \left(\frac{A' + k'tb}{A'}\right) \qquad (5,c)$$

The method just explained for calculating the effect of straight haunches can be approximately applied to curved haunches, by assuming equivalent straight ones.

3. Numerical Example.

In order to study the effect of the rigid joints and end haunches on the deformations of the Vierendeel girder, a numerical example is worked out hereafter. For this purpose, all members of the Vierendeel girder, Fig. 2, are provided with normal haunches of length 50 cm, as shown in Fig. 6. The equivalent lengths r_M, r_N and r_Q of the different members, representing the effect of the haunches on the deformations, are calculated according to equations 4 and 5. They supply the corresponding reductions R_M, R_N and R_Q in the lengths of the members due to the rigidity of the joints and haunches. All values are given in table 5.

A study of table 5 shows that the equivalent lengths r_M, r_N and r_Q are nearly the same for all members and are equal roughly to 2/3 the length of the haunches. This applies to the symmetrical haunches of the verticals as well as to the unsymetrical haunches of the chord members. In other words, every haunch can be considered as equivalent to an extension of the uniform section of the member equal to 2/3 its endeel girder.

Consequently, the deformations of the Vierendeel girder, Fig. 6, can be calculated for

a reduced length $\lambda' = \lambda - (h_v + \frac{2}{3} b)$ of all

chord members and $H' = H - (h_c + \frac{2}{3} b)$ of

all verticals. In the worked example, the reduced lengths are nearly 80% of the original lengths of the members. The effect of the rigid joints and haunches is thus equivalent to about 20% reduction in the deformations of the Vierendeel girder.

Table 5. Reduction in Lengths due to Rigidity of Joints and Haunches (in cm).

Member.	r_M	R_M	$\frac{2R_M}{l}$ %	r_N	R_N	$\frac{2R_N}{l}$ %	r_Q	R_Q	$\frac{2R_Q}{l}$ %
C_1	34	41	20.5	37.8	37.2	18.6	34.6	40.4	20.2
C_2	38	37	18.5	38.6	36.4	18.2	34.6	40.4	20.2
V_1	31	44	22.0	36.3	38.7	19.4	37.4	37.6	18.8
V_2	32	43	21.5	33.9	41.1	20.5	34.1	40.9	20.5
V_3	35	40	20.0	33.3	41.7	20.8	34.1	40.9	20.5
V_4	30	45	22.5	34.9	40.1	20.1	35.4	39.6	19.8
V_5	30	45	22.5	34.9	40.1	20.1	35.4	39.6	19.8

b. Deformations due to Normal Forces :

Referring to Fig. 5, the contribution δ_N of the haunch is given by the expression,

$$\delta_N = \int_0^b \frac{N_1 N_0 \, dx}{(A_1 + ktx) E} \text{ and}$$

$$\delta_N = \int_0^{r_M} \frac{N_1 N_0 \, dx}{A_v E} \text{ respectively,}$$

where, $A_1 = A_w + 2 \dfrac{A_f}{\cos \Phi}$.

Equating both, $r_N = \dfrac{A_v}{kt} \log \dfrac{A_1 + ktb}{A_1}$. (4.b)

c. Deformations due to Shearing Forces.

The contribution δ_Q of the haunch is expressed by,

$$\delta_Q = \int_0^b \frac{Q_1 Q_0 \, dx}{G (A' + ktx)} \text{ and}$$

$$\delta_Q = \int_0^{r_Q} \frac{Q_1 Q_0 \, dx}{GA'}$$

where $A' \simeq$ the web area.

Equating both, $r_Q = \dfrac{A'}{kt} \log \dfrac{A' + ktb}{A'}$ (4.c)

2. Unsymmetrical Haunches.

These are mainly encountered in the chord members. Proceeding as before and introducing,

$k' = \tan \Phi$, $A_1' = A_w + A_f / \cos \Phi$, $B' = tk'/6$ and

$$\int_0^b \frac{(a + x)^2 \, dx}{\dfrac{\cos^2 \Phi}{1 + \cos^2 \Phi} (A' + Bx') (h + k'x)^2} = \frac{1 + \cos^2 \Phi}{\cos^2 \Phi} C',$$

which can be integrated by parts. The corresponding equivalent lengths will be given by,

$$r_M = \sqrt[3]{a^3 + \frac{3 (1 + \cos^2 \Phi}{\cos^2 \Phi} I_0 C'} - a \quad (5,a)$$

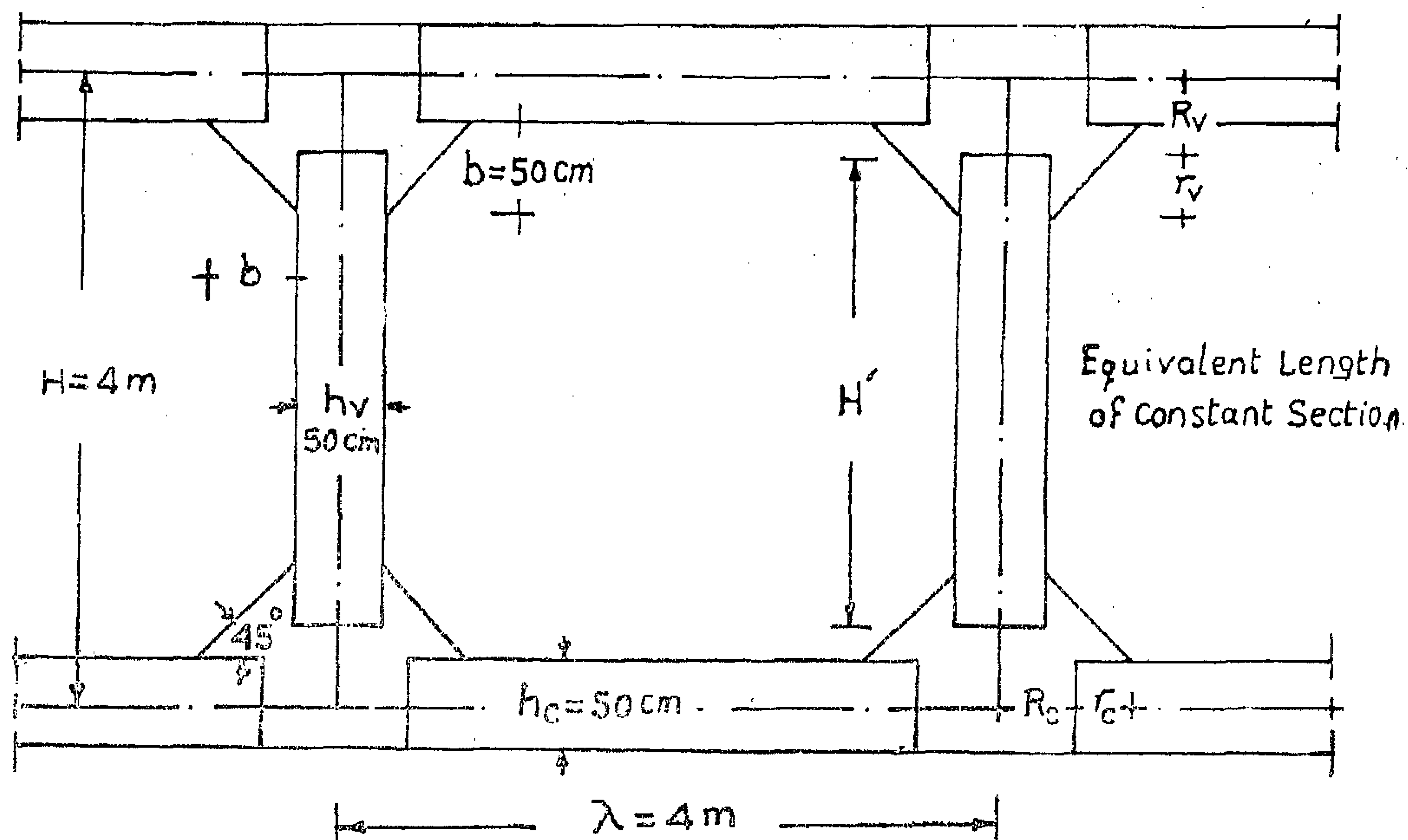


Fig. 6. Effect of the Rigidity of Joints and Haunches.

The method adopted hereafter for calculating the effect of the haunches follows the same principles recommended by Maugh[1]. In the following, the reduction of the lengths due to the effect of the haunches is calculated separately for symmetrical and unsymmetrical haunches.

1. Symmetrical Haunches.

These are generally encountered at the ends of the vertical members.

a. Deformations due to Bending Moments.

Referring to Fig. 5, the contribution δ_M of the haunch is given by the expression,

$$\delta_M = \int_0^b \frac{M_1\, M_0}{EI_x} \cdot dx,$$

but $M = Q\ (a + x)$ and

$$I_x = \frac{1}{2}\ (A_f + t\,\frac{h + kx}{6})\ (h + kx)^2 .\cos^2\Phi$$

$$= \frac{1}{2}\ (A + Bx)\ (h + kx)^2 .\cos^2\Phi,$$

where

$A = A_f + \frac{1}{6}\,th$ = Effective flange area,

$B = \frac{1}{6}\,tk,$

t, h = Thickness and height of web plate and $k = 2\tan\Phi$.

Hence, $\delta_M = \dfrac{2\,Q_1\,Q_0}{E\cos^2\Phi} \cdot$

$$\int_0^b \frac{(a + x)^2\,dx}{(A + Bx)\ (h + kx)^2} \cdot \qquad \text{(i)}$$

Introducing the equivalent length r_M,

$$\delta_M = \int_0^{r_M} \frac{M_1\,M_0\,dx}{EI_v}$$

$$= \int_0^{r_M} \frac{Q_1\,Q_0\,(a + x)^2\,dx}{EI_v}$$

$$= \frac{Q_1\,Q_0}{3\,EI_v}\ [\ (a + r_M)^3 - a^3\ ] \qquad \text{(ii)}$$

Equating i and ii,

$$r_M = \sqrt[3]{a^3 + \frac{6}{\cos^2\Phi}\,I_v C} - a, \qquad \text{(4.a)}$$

where,

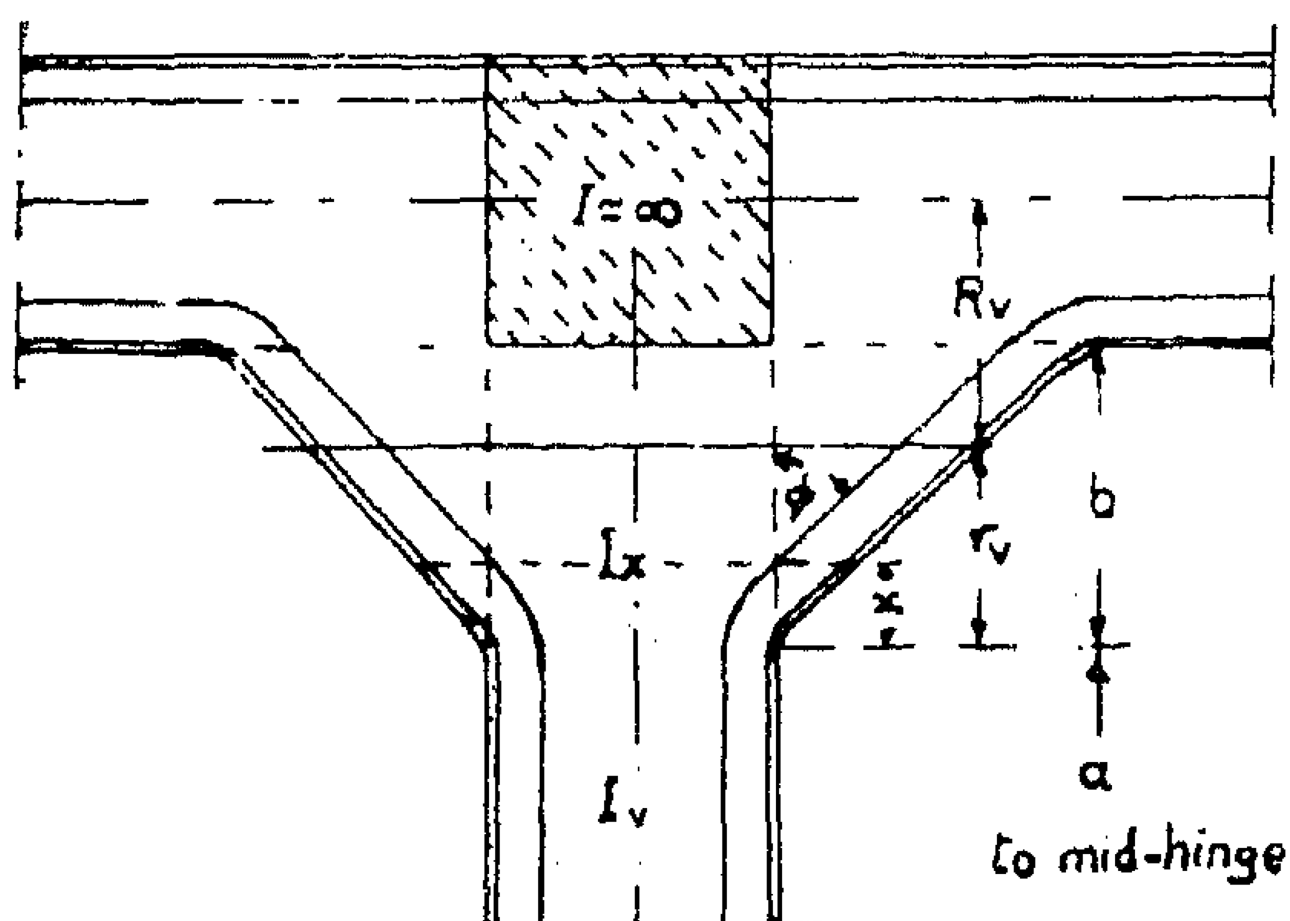
$$C = \int_0^b \frac{(a + x)^2\,dx}{(A + Bx)\ (h + kx)^2}$$

$$= \left[\frac{\alpha}{\beta}\log\ (A + Bx) + \frac{\psi}{k}\log\ (h + kx) - \frac{\beta}{k\ (h + kx)}\right]_0^b$$

$$\alpha = (a - \frac{A}{B})^2 \div (A + Bx)\ (h + kx)^2.$$

$$\beta = (a - \frac{h}{k})^2 \div (A - B\,\frac{h}{k}) \text{ and}$$

$$\psi = (a^2 - \alpha\,h^2 - \beta\,A) \cdot \frac{1}{A\,h} \cdot$$



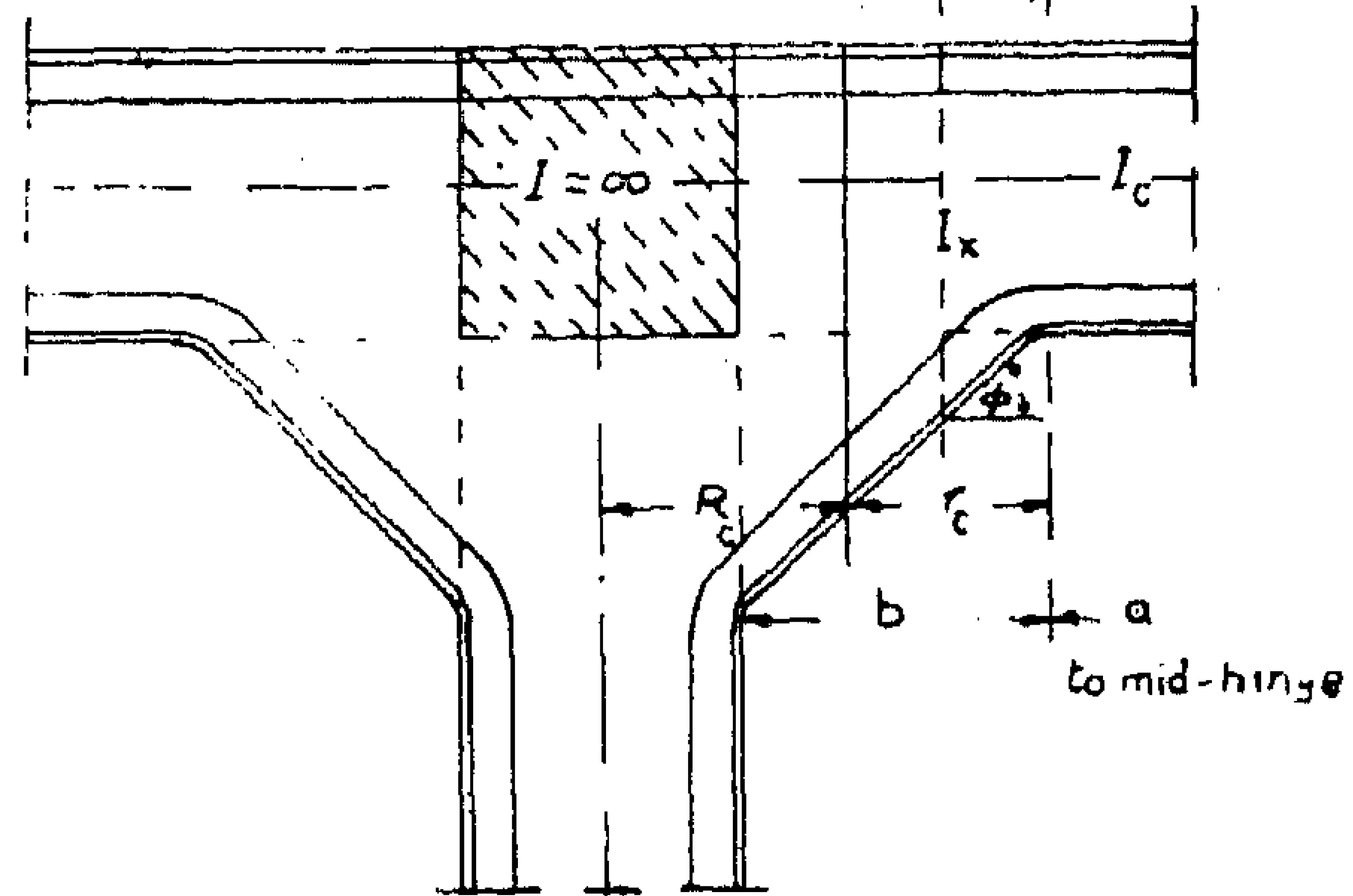


Fig 5 Vierendeel Girder Joint

Fig. 4. Continuous Vierendeel Girder.

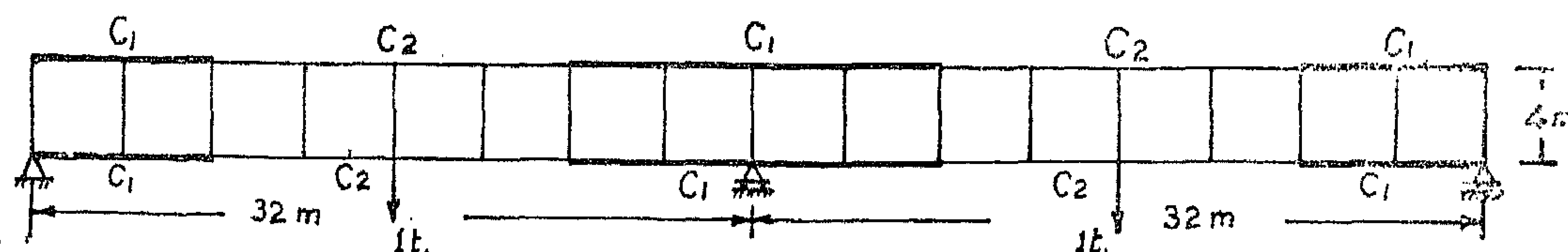


Table 3. Effect of Shear on the Deflections of a Vierendeel and Plate Girder.

System	P (m) P.G.	V.G.	Pt/m' (m) P.G	V.G.	P P P.G.	V.G.
$\frac{\delta_Q}{\delta_T}$ %	7.68	10.50	6.51	9.50	10.30	12.20
$\frac{\delta_Q}{\delta_M}$ %	8.34	15.40	6.98	14.50	11.60	16.00

Table 4. Effect of the Height-Span Ratio on δ_Q.

H/L	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{\delta_Q}{\delta_M}$ %	16.70	15.40	15.80

where, $C_1 = 12EI_c/\lambda^2GA'_c$ & $C_2 = 12EI_v/H^2GA'_v$. The indices c and v refer to the verticals and chord members respectively. Equation 3 may be used to calculate the maximum ordinate of the δ_Q-line which is similar to the δ_M-line.

In short, if the ratio δ_Q/δ_M is assumed, the deflections due to shearing forces may be considered as a factor of δ_M. From table 3, it is obvious that the ratio δ_Q/δ_M is almost the same for simple and continuous Vierendeel girders. Furthermore, table 4 shows that this ratio is nearly independent of the overall dimensions of the girder. In average, this ratio amounts to about 15%.

II. EFFECT OF THE RIGIDITY OF JOINTS AND HAUNCHES :

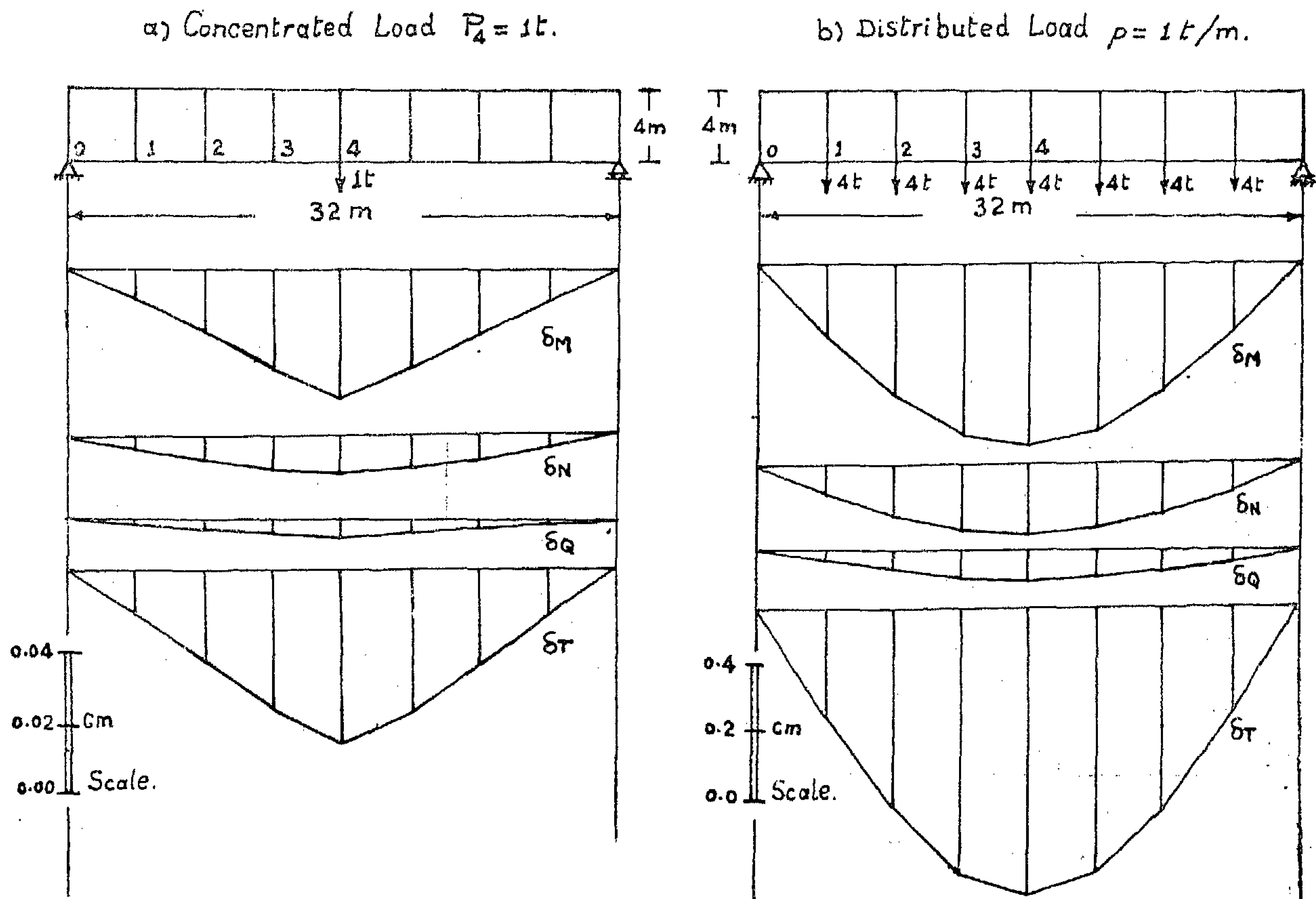
a. Rigidity of Joints :

Rigid connections form very stiff zones, which usually keep their shapes and dimensions during the deformations. Referring to Fig. 5, this effect may be considered as a reduction $\alpha\lambda$ and β H in the lengths of the chord members and verticals respectively.

With regard to the Vierendeel girder shown in Fig. 2, the deflections of the girder should, therefore, be calculated considering a reduction of the lengths of its members = 50 cm or 1/8 to account for the rigidity of the joints. In other words, the shaded area, shown in Fig. 5, is assumed to be infinitely rigid and, thus, not contributing to the deflections of the girder. This reduction way be significant in calculating the stiffnes of the Vierendeel girder.

b. Haunches :

Owing to the big end memnts, the chords and verticals of the Vierendeel girder are generally stiffened by large haunches at both ends, which are generally inclined at an angle of 45° to the axes of the members. The effect of haunches should also be considered in calculating the deformations of the Vierendeel girder. This effect may be considered as equivalent to a further reduction in the lengths of the members.



1 : 10. For the uniformly distributed load, it is slightly less than for a concentrated load at mid-span. On the other hand, $\delta_Q : \delta_T$ for the continuous Vierendeel girder is roughly 1 : 8. Consequently, the effect of the shearing forces on the deflections of the continuous Vierendeel girder is relatively bigger than the effect of the shearing forces on the deflections of the simply supported Vierendeel girder. This is also true for a plate girder, where the effect of shear, due to continuity, is even more conspicuous.

Further, the ratio δ_Q/δ_M is calculated for three Vierendeel girders of the same span as the girder given in Fig. 2, yet of different height-span ratios, 1/6, 1/8 and 1/10 respectively. The results are given in table 4. They refer to the deflections at the mid-point m of the span. In all 3 cases, the ratio $\delta_Q : \delta_M$ is almost the same. Hence, this ratio is not much affected by changes in the height-span ratio of the Vierendeel girder.

From Fig. 3, it is clear that the δ_Q-line will be similar to the δ_M-line and will, thus, follow the shape of the bending moment of an equivalent beam. This statement can be explained by reference to the hinged system. Assuming λ to be the panel length and H the height of the girder,

$$\delta_Q = \int_{c} \frac{Q_1\,Q_o}{G\,A'_o}\,.\,dl + \int_{v} \frac{Q_1\,Q_o}{G\,A_v'}\,.\,dl$$

$$\cong \frac{4}{\lambda^2} \int_{c} \frac{M_1\,M_o}{G\,A_o'}\,.\,dl + \frac{4}{H^2} \int_{v} \frac{M_1\,M_o}{G\,A_v'}\,.\,dl$$

$$\cong C_1\,\delta_{Mo} + C_2\,\delta_{Mv}. \qquad (3)$$

Table 2. Deflections of the Vierendeel Girder (in cm).

a) Concentrated Load $P_4 = 1$ t.									
Point	δ_M	$\frac{\delta_M}{\delta_T}$ %	δ_N	$\frac{\delta_N}{\delta_T}$ %	δ_Q	$\frac{\delta_Q}{\delta_T}$ %	δ_T	$\delta'_Q (A_w)$	$\frac{\delta_Q - \delta'_Q}{\delta_Q}$ %
1	0.00765	60.7	0.00395	31.3	0.00104	8	0.01261	0.00104	0
2	0.01676	63.4	0.00756	28.6	0.00211	8	0.02643	0.00216	2.4
3	0.02787	66.5	0.01012	24.1	0.00395	9.4	0.04194	0.00389	-1.3
4	0.03563	68.1	0.01119	21.4	0.00550	10.5	0.05232	0.00535	-2.7

b) Distributed Load $p = 1$ t/m'							
Point	δ_M	$\frac{\delta_M}{\delta_T}$ %	δ_N	$\frac{\delta_N}{\delta_T}$ %	δ_Q	$\frac{\delta_Q}{\delta_T}$ %	δ_T
1	0.2000	64	0.0830	27.4	0.0272	8.6	0.3102
2	0.3841	65	0.0529	26.1	0.0511	8.9	0.5881
3	0.5061	65	0.2052	26	0.0702	9	0.7818
4	0.5427	65.5	0.2176	25	0.0788	9.5	0.8391

together with the involved errors are given. As already pointed out, the corresponding values δ'_Q and δ_Q are practically the same. This shows that, in calculating the deflections due to shearing forces, the equivalent area A' can be replaced, to a fair degree of approximation, by the web area A_w. The maximum error in this simplification is 2.7% with regard to δ_Q and 0.28% with regard to the total deflection δ_T of the Vierendeel girder; an error which can be safely neglected.

A comparison between the effect of shearing forces on the deformations of a Vierendeel girder and a plate girder of the same span, material and loading is also made. This has been carried out for the simply supported Vierendeel girder shown in Fig. 2 as well as for the continuous Vierendeel girder shown in Fig. 4. The percentage ratios $\delta_Q : \delta_T$ and $\delta_Q : \delta_M$ for the deflections at the mid-point m of the span are given in table 3. The values of the Vierendeel girder are bigger than those of a similar plate girder. In other words, the shearing forces contribute more to the deflections of a Vierendeel girder than to the deflections of a plate girder.

Roughly speaking, the ratio $\delta_Q : \delta_T$ for the simply supported Vierendeel girder is about

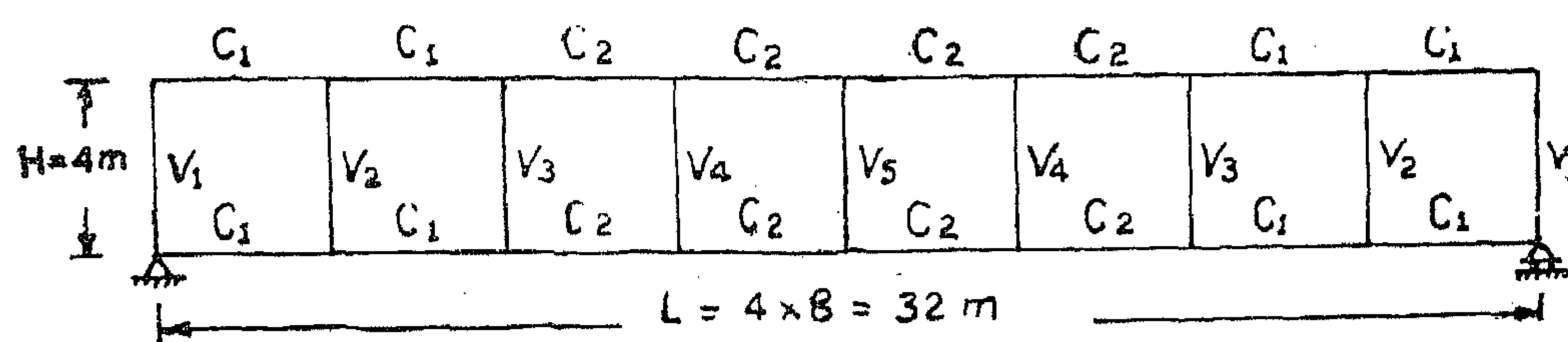


Fig 2.

Table 1. Cross Sections and their Properties.

Member		A (cm²)	I_x (cm⁴)	A′ (cm²)	A_w (cm²)	$\frac{A'-A_w}{A'}$ %
C_1	4 ∤ 500·10 8 ∠ 100·10 4 ∤ 250·10	453.6	183680	229.4	238.4	−3.9
C_2	2 ∤ 500·10 8 ∠ 100·10 4 ∤ 250·10	353.6	162846	126.4	138.2	−9.3
V_1	2 ∤ 500·10 12 ∠ 100·10 1 ∤ 400·10 4 ∤ 250·10 2 ∤ 300·10	530.4	168901	298.6	275.2	7.8
V_2	4 ∤ 500·10 12 ∠ 100·10 1 ∤ 400·10 8 ∤ 250·10 4 ∤ 250·12 2 ∤ 300·10	750.4	274656	417.1	375.2	10
V_3	4 ∤ 500·10 12 ∠ 100·10 1 ∤ 400·10 4 ∤ 250·10 2 ∤ 300·10	630.4	189734	401.0	375.2	6.4
V_4	2 ∤ 500·10 12 ∠ 100·10 1 ∤ 400·10 4 ∤ 250·10	470.4	164401	195.8	215.2	−9.8
V_5	2 ∤ 500·10 12 ∠ 100·10 1 ∤ 400·10	370.4	99368	185.1	215.2	−16.2

A study of table 2 shows that the values of $\frac{\delta_Q}{\delta_T}$ increase towards the middle of the Vierendeel girder, while those of $\frac{\delta_N}{\delta_T}$ decrease. On the other hand, the ratio $\frac{\delta_M}{\delta_T}$ remains almost unaltered for all panel points. On the average, the ratio $\delta_Q : \delta_N : \delta_M$ is almost 1 : 3 : 7. This applies to the case of a concentrated central load as well as that of a uniformly distributed loading.

In the last two columns of table 2, the values of δ'_Q worked out for A_w instead of A′

I. *DEFLECTIONS DUE TO SHEARING FORCES*

The deflections due to shearing forces are generally calculated from the equation.

$$\delta_Q = \int_0^1 \frac{Q_o\, Q_1}{G\, A'}\, dl\ , \qquad (1)$$

where A′ is the equivalent reduced area of the section. It is defined as the area, which gives for a constant shear stress distribution, $q_o = \frac{Q}{A'}$, the same shear strain as that of the actual area A under the variable shear stress distribution, $q = \frac{Q\ .\ Sx}{Ix\ .\ b}$. Referring to Fig. 1 and applying the principal of virtual work, the following relation may be obtained :

$$1\ .\ \gamma\ .\ dl = \int_0^h q_1 b\ .\ dy\ .\ \frac{q_o}{G}\ .\ dl,$$

$$= \int_0^h \frac{1\ .\ Sx}{I_x}\ .\ \frac{Q_o\ .\ Sx}{I_x\, b}\ .\ dy\ .\ dl$$

$$= \frac{Q_o}{G\, A'}\ .\ dl,$$

Consider, now, the Vierendeel girder shown in Fig. 2, which represents the main girder of a roadway bridge. The cross sections of the different members and their properties are given in table 1. The equivalent reduced areas A′ are calculated from equation 2. They are followed by the corresponding web areas A_w. The percentage differences between A′ and the web areas are given in the last column. These differences are relatively not considerable. Besides, they are partly positive and partly negative so that their effect on the total values of the deformations is small. This explains why, in calculating the deflections due to shear, the web area is often used instead of the equivalent reduced area A′ of the plate girder section.

In order to study the deflections of the Vierendeel girder, the elastic line of the girder given in Fig. 2 is calculated; a) for a central concentrated unit load and b) for a uniformly distributed load of unit intensity. The contributions δ_M, δ_N and δ_Q of the deformations due to bending moments, normal forces and shearing forces are given in table 2. They are represented graphically in Fig. 3. Besides, the percentage of every contribution with regard to the total deflection δ_T at all panel points is also given.

$$\therefore\ A' = \frac{I_x^2}{\int_0^h (S_x^2\ /\ b)\ .\ dy} = I_x^2\ /\ \text{Area of } \frac{S_x^2}{b} \text{ — diagram.} \qquad (2)$$

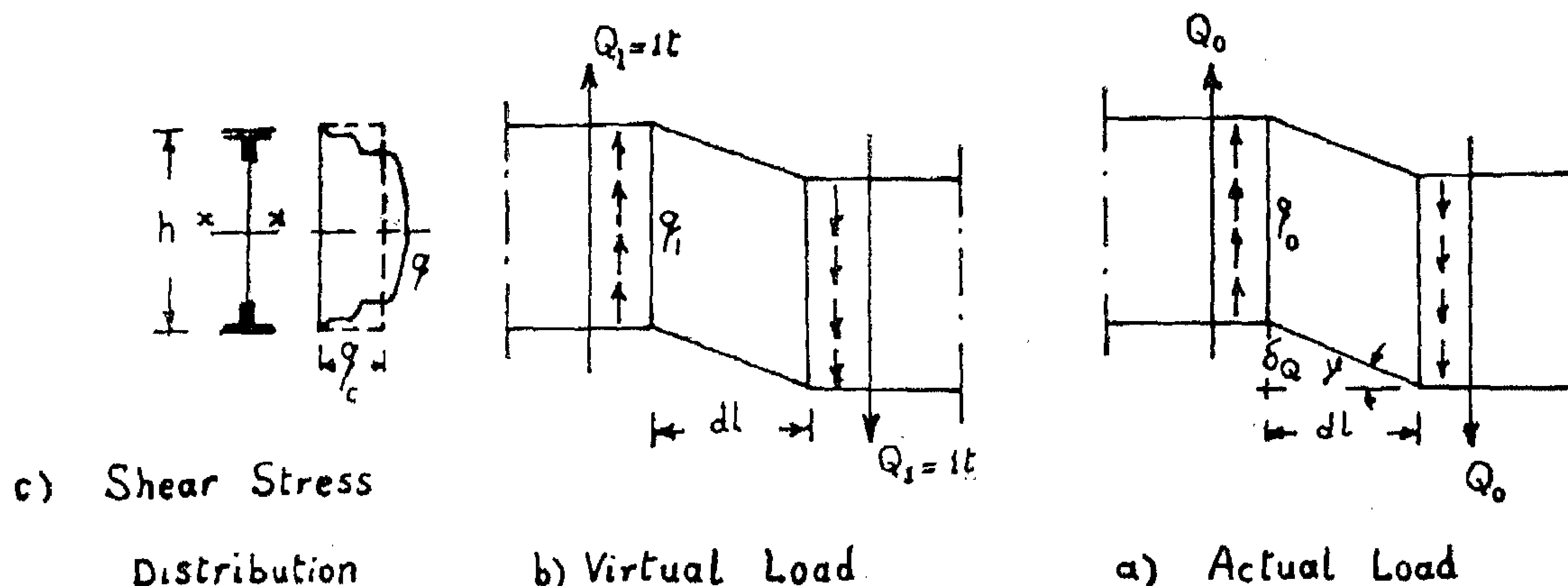


Fig. 1.

DEFORMATIONS OF THE VIERENDEEL GIRDER

By

I.A. EL-DEMIRDASH,* Dr. sc. techn. (E.T.H)

and

H.A. ABDEL WAHAB,** Dr.-Ing.

INTRODUCTION

The deformations of the Vierendeel girder are partly due to bending moments and partly due to normal and shearing forces. Thus, $\delta_T = \delta_M + \delta_N + \delta_Q$, where δ_T is the total joint displacement. The contributions δ_M and δ_N are of the same order so that neither of them can be neglected.[3]

Furthermore, the defermations of the redundant Vierendeel girder are almost the same as those of the statically determinate main system formed by introducing hinges at the mid-points of its members[3]. The latter can be readily adopted as good approximations of the real values. This explains why the δ_M-line for a single load is nearly triangular, while the δ_N-line is curved. The moments of the hinged system arise from the shearing forces Q_o of an equivalent beam and, therefore, the δ_M-line resembles the δ_{Qo}-line. On the other hand, the normal forces of the hinged system are calculated from the moments M_o of and equivalent-beam and, therefore, the δ_N-line resembles the δ_{Mo}-line.

However, the contributions of the shearing forces to the deformations of the Vierendeel girder have not been duly considered.[3,4] By leaving out this effect, the values obtained for the deformations are smaller than the real ones. Consequently, the Vierendeel girder appears stiffer than is actually the case. For this reason, the effect of the shearing forces has been investigated in the present paper with a view of ascertaining its relative value to the total deformations.

The investigation is not limited to the case of a simply supported Vierendeel girder. The case of a continuous Vierendeel girder has also been investigated. In both cases, a comparison with the effect of shear on the deformations of an equivalent plate girder is made. Due to continuity, the maximum moments M_o are reduced but the maximum shears Q_o are not. For this reason, the effect of shear on the deformations of a continuous girder cannot be neglected as in the case of a simply supported one.

Furthermore, owing to the big end moments, the chords and verticals of the Vierendeel girder have comparatively big sections, which are stiffened further by large haunches at the joints. The favourable effect of these rigid connections on the deformations of the Vierendeel girder is discussed seperately in this paper. By including the effect of shearing forces as well as that of the rigidity of the joints in the calculation of the deformations, a more complete picture of the elastic behaviour of the Vierendeel girder is accomplished.

---

* Professor of Structural Engineering, Cairo University.

** Lecturer of Structural Engineering, Assiut University.

REFERENCES

1. "Conduction of Heat in Solids" by H.S. Carslaw and J.C. Jaeger, Oxford, 1959.

2. "La Détermination des Constantes Thermique des Solides au Mayen des Methods de Régime Variable" by J. Martinet, Le Service de Documentation Scientifique et Technique de L'Armement, Ministère de L'air, Paris, 1965.

3. Heat Transfer, Building and Insulating Materials by Mikhail G. Tasabulsy, Building Research Center, 1962.

4. "Heat Insulation" by GORDON B. WILKES, 1950 JOHN WILEY and SONS, INC., New York CHAPMAN and HALL, LIMITED, LONDON.

TABLE 1

Physical Properties and 1966 — 67 Prices Of Insulating Materials Available in the U.A.R.

	k	ρ	C	α	Price £. mil	Price Unit
Celton 300	0.073	300	0.22	0.0011	6.000(1)	m3
" 400	0.095	400	0.22	0.0011	8.000(1)	m3
" 500	0.125	500	0.22	0.0011	10.000(1)	m3
" 600	0.150	600	0.22	0.0011	12.000(1)	m3
Cork board	0.038	150	0.422	0.0006	22.000(1)	m3
Diatomaceous Earth	0.055	300	0.29	0.00063	2.000	m3
Felt	0.031	270	0.34	0.00034		
Glass wool	0.035	200	0.16	0.0011	5.000	m3
Vermiculite	0.06			0.0027	18.000(1)	m3

k Thermal conductivity, kcal/(hr m C)
ρ Density, Kg/m^3
C Specific heat, k cal/(Kg C)
α Thermal diffusivity, m^2/hr

(1) Price includes transportation and installation.

TABLE 2

Material	Cost at factory £./m3	to Dokki, £/m3 Transportation	Installation £/m2	Installed cost	L m	Cost £/m2
Celton 300				6.000 £/m3	0.192	1.150
" 400				8.000 "	0.250	2.000
" 500				10.000 "	0.330	3.300
" 600				12.000 "	0.395	4.750
Cork board				22.000 "	0.100	2.200
Diatom. earth	2.000	0.750	0.300(1)		0.145	0.700(2)
Felt					0.083	
Glass Wool	5.000	0.500	0.500		0.092	1.000
Vermiculitl				18.000 "	0.158	2.840

1) Includes reinforcement and casting

2) Given as 0.145 (2.000 + 0.750) + 0.300.

TABLE 3

Insulation Characteristics and Cost Comparison of Insulating Materials

	$\sqrt{\alpha}$	$\sqrt{k\rho C}$	L	$\sqrt{\alpha}/L$	£/m2	L′	K/L′	$\sqrt{\alpha}/L'$	k
Celton 300	0.0332	2.19	0.192	0.173	1.150	0.367	0.200	0.090	0.073
" 400	0.0332	2.89	0.250	0.133	2.000	0.275	0.345	0.121	0.095
" 500	0.0332	3.70	0.330	0.100	3.300	0.220	0.570	0.151	0.125
" 600	0.0332	4.45	0.395	0.084	4.750	0.183	0.820	0.182	0.150
Cork board	0.0245	1.56	0.100	0.245	2.200	0.100	0.380	0.245	0.038
Diatomaceous earth	0.0250	2.19	0.145	0.173	0.700	0.690(1)	0.280	0.036	0.055
Felt	0.0184	1.69	0.083	0.222					0.031
Glass wool	0.0332	1.08	0.092	0.360	1.000	0.310	0.113	0.108	0.035
Vermiculite	0.0412	1.17	0.158	0.261	2.840	0.122	0.490	0.337	0.060

L Thickness in m that gives the same conductance (K/L) for all materials.
L Thickness in m that gives the same conductance cost for all materials per m^2
1) Given from L (2.000 + 0.750) + 0.300 = 2.200.

COMPARISON OF INSULATING MATERIALS AVAILABLE IN THE U.A.R.

In this part, the various insulating materials available in the UAR are compared. Table 1 lists these insulators and give their unit prices prevailing in 1966-67. These prices, as well as the transportation and installation costs given later, are of little value by themselves due to the possible change in their values with time. They are, however, given to illustrate their use in calculations and comparison. The methods of these caluclations and comparison should be of lasting value; they could be used by an engineer to compare, for his particular problem, the various insulating materials available.

Table 2 gives the transportation and installation costs of these insulators at Dokki, Giza. From these, the costs of different insulations of the same conductance (k/L) are given for comparison.

Further, the various insulation thicknesses (L′) that have the same cost are also given.

Table 3 is a compilation of these data together with the physical properties pertinent to insulation, namely k, $\sqrt{\alpha}$ and $\sqrt{k\rho c}$. Further, the insulating characteristics : k/L′ and $\sqrt{\alpha}/L'$, are also compiled.

It was shown in the previous section that a good insulator for both steady — and unsteady — state conditions should have low values of k and α, and a high value of the thermal effusivity $\sqrt{k\rho c}$. The contents of Table 3 are represented graphically. The physical properties are presented in Fig. 2 to 4, they show that, for a given thickness, the best insulator is felt. Felt has the lowest values of k and α and a fairly high value of $\sqrt{k\rho c}$.

Figures 5 and 6 compare insulations of various materials that have the same conductance as a layer of cork 100 mm thick. Comparison is according to the cost of insulating one square meter of a wall. The two figures show that glass wool is one of the cheapest insulators under the conditions cited, and has the lowest value of $\sqrt{\alpha}/L$, which indicates the speed of propagation of temperature across the whole wall. Diatomaceous earth is cheapar but not as good considering the thermal aspects. The same trend is shown by Fig. 6 also.

Comparisons of the various insulating materials for a given total cost (as 100 mm of cork) are shown graphically in Fig. 7,8 and 9. Figure 7 shows that diamtomaceous earth is the best insulation, for a given total cost, both for steady (lowest k/L) and unsteady (lowest $\sqrt{\alpha}/L$) conditions. Glass wool and the Celtons 300 and 400 come next. Figures 8 and 9 show similar result when the thermal effusivities are compared.

The previous discussion shows a method for comparing the various insulating materials. It is not necessary to draw all these graphs for every study. It usually suffices to draw those pertinent to the particular problem at hand.

Indeed the same method could be used to compare insulating materials with respect to other factors, e.g. weight, strength, ... etc.

It should be stressed here that the conclusions arrived at in this study are for Dokki, Giza in 1966-67. Different conclusions may be arrived at for other localities and/or other periods.

CONCLUSIONS

In this report, insulating materials were classified according to temperature range and form. The more important insulating materials are described in some detail giving their uses and available forms.

The problems involved in the thermal insulation of buildings are outlined, and the physical properties that have bearing on these problems are shown.

Finally, the properties and prices of the insulating materials available in the UAR are given. These data are used to illustrate methods to compare the various insulations from both the thermal and economic view points.

PROPERTIES AND PROPERTY GROUPS PERTINENT TO THE THERMAL BEHAVIOUR OF BUILDINGS

Under steady-state conditions, the property that affects the heat flux most is the thermal conductivity "k" of the wall or insulation. It gives the rate at which heat is transmitted by conduction through a wall of given dimensions. The typical relation that illustrates the effect of thermal conductivity is that of one-dimensional conduction through a homogeneous wall of thickness "L" and surface temperatures t_1 and t_2, viz.

$$q'' = k\,(t_1 - t_2)\,/\,L \qquad k\ cal/(hr\ m^2)$$

Insulating materials should have low values of "k" to reduce the heat gain by, or loss from, a building.

However, dwellings and other buildings are subjected to periodic conditions with considerable variations in outside air temperature and solar radiation intensity during the full 24 — hour day. These variations affect the thermal behaviour of buildings operating under the normal range of temperaturs. Indeed, insulating materials with high heat capacity "ρc" store large quantitites of heat during the hot period. Althotgh these insulators protect buildings from the effect of heat momentarily, they would conduct the heat stored in them into the building during the cooler periods of the day. This effect may be so pronounced that ventilation would not be effective as should be. Consequently, under these unsteady-state conditions factors other than the thermal conductivity "k" become important. These factors are :

Thermal Diffusivity ($\alpha = k/\rho c$): This factor indicates the "speed" with which a temperature imposed at one side of a wall is propagated through it. A typical example that shows the effect of this quantity is the case of one-dimensional conduction in a semi-infinite ($0 \leqslant x \leqslant \infty$) solid wall initially at a uniform temperature t_i.

The temperature at the wall surface ($x = 0$) is suddenly changed to t_o at instant $\tau = 0$.

In this case, the temperature $t = t\,(x, \tau)$ at any point in the wall ($x \geqq 0$) and at any instant ($\tau \geqq 0$),

$$\frac{t_o - t}{t_o - t_i} = \text{erf}\,\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$$

The error function (erf) is plotted in Fig. 1 from which it could be seen that for any point in the wall and at any instant, the higher the thermal diffusivity, the nearer the temperature t is to t_o, i.e. the more rapid the propagation of heat would be.

The Thermal Effusivity $\sqrt{k\rho c} = \sqrt{k^2/\alpha}$ This quantity indicates the speed with which a surface heat flux propabates through a material. This, in turn, is primarily indicated by the rate at which the surface temperature of a wall exposed to a heat flux (radiant or convective) rises with time. A typical example that shows the effect of this quantity is the case of one-dimensional conduction in a semi-infinite wall initally at uniform temperature t_i, the surface at $x = 0$ is suddenly (at $\tau = 0$) exposed to a radiant flux of constant intensity I. If this flux is absorbed completely at the surface, the temperature $t = t\,(x, \tau)$ at any point in the wall ($x \geqq 0$) and any instant thereafter ($\tau \geqq 0$) is given from

$$t - t_i = \frac{2I\sqrt{\tau}}{\sqrt{k\rho c}}\,.\ \text{ierfc}\,\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$$

The integral of the co-error function (ierfc) sarts from a value of

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}}\ \text{for}\ \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}} = 0$$

and decreases rapidly to zero.

Considering any inside surface at x, the above relation shows that, for a given instant τ, the higher the value of the thermal effusivity, the lower the temperature at the locality.

From the above discussion, good building insulator should have low thermal conductivity, low thermal diffusivity, but high thermal effusivity. Such an insulator would absorb the heat near the outside surface, maintain it at low temperature, but would not conduct it easily to the inside.

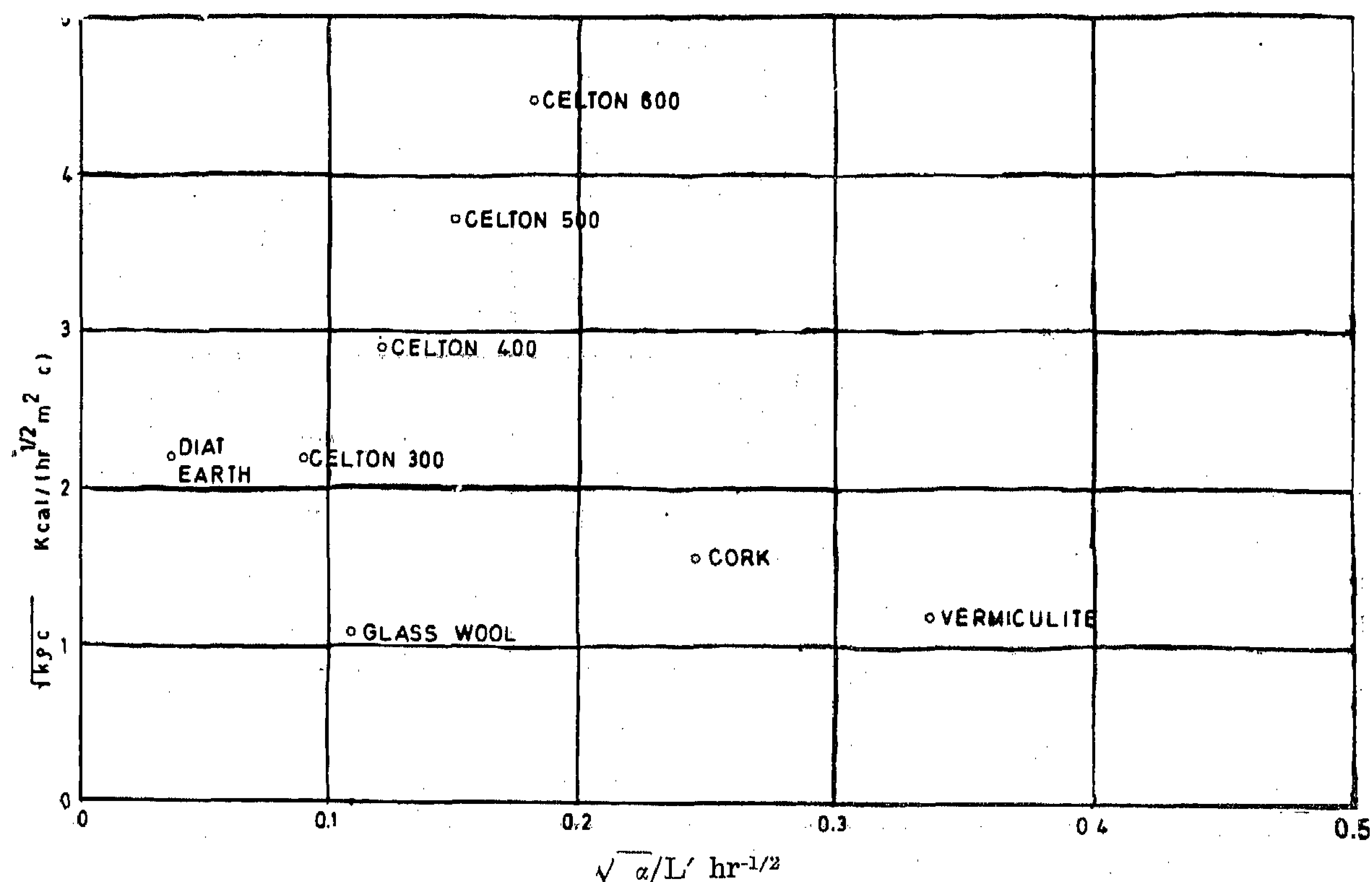


Fig. 9 COMPARISON OF INSULATORS WITH THE SAME TOTAL COST

tion of ceilings and walls. It is made by mixing cement and water and foaming the mixture to the required density. The mixture may then be poured on a ceiling to the required thickness, or into molds for later use as insulating bricks. Celton is made in different densities which are all impervious to water. The low density celtons are somewhat soft.

Hair Felt

It is made from wool refuse left from blanket making. This wool is washed, "felted" (pressed with little water) and formed into flexible sheets. Felt has good thermal properities; however, it absorbs water easily, is liable to rot, and may be infested with insects or vermin.

PROBLEMS OF BUILDING INSULATION

The problems of thermal insulation of buildings vary widely according to the use to which the building is put.

In certain cases, probably a small fraction of the total bulk, the building is subjected to what may be considered as steady-state conditions. Air conditioned spaces, cold stores, furnaces, ... etc. are examples of these cases.

In other cases, it is required to heat the building quickly and cool it quickly. Examples of these cases are test chambers for aircraft, refrigerator trucks, ... etc.

In still other cases, it is required to retard the external effects. Normal dwellings, cold stores, water pipes subjected to intermittent freezing, ... etc. are of this group.

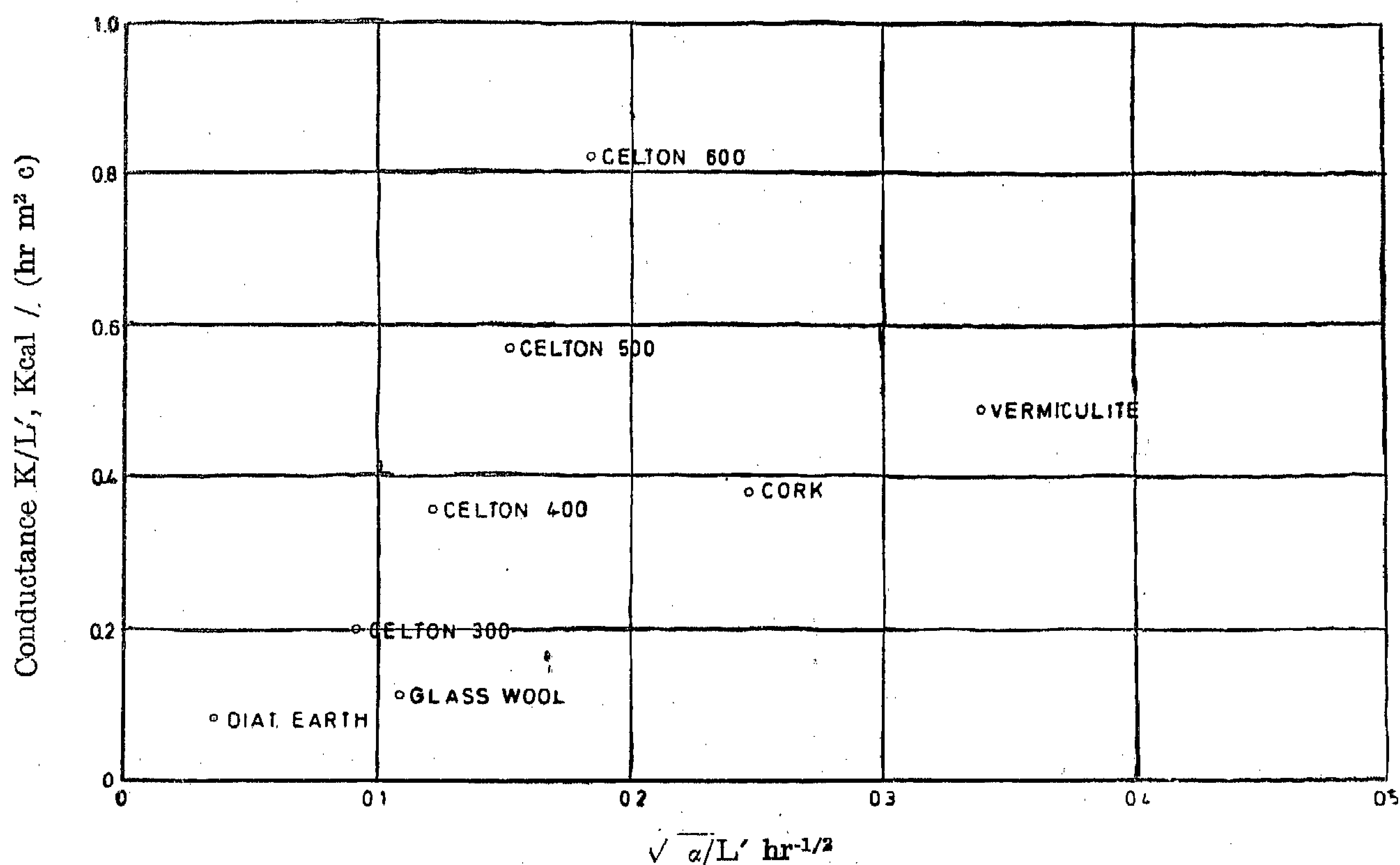


Fig. 7 COMPARISON OF INSULATORS WITH THE SAME TOTAL COST

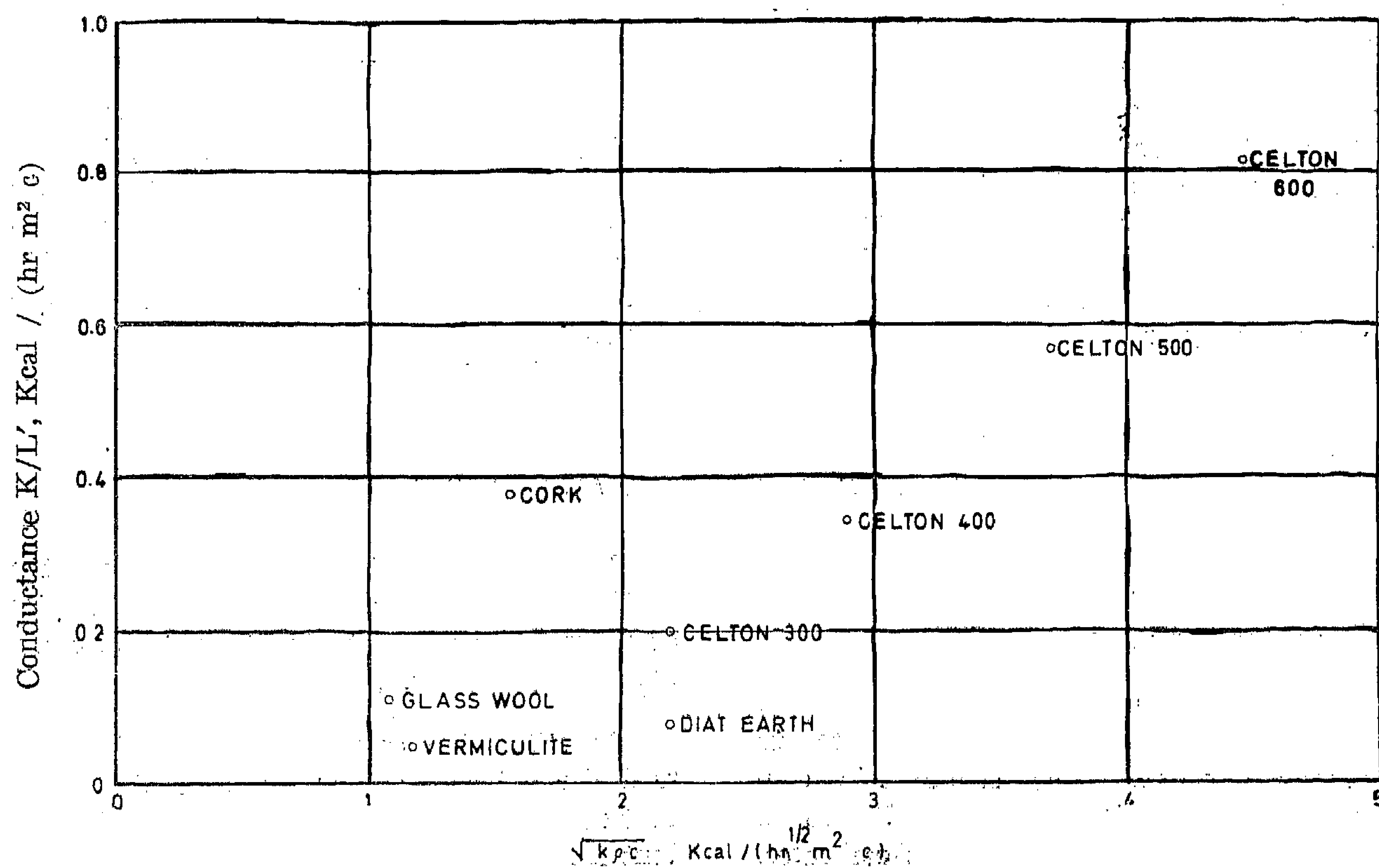


FIG. 8 COMPARISON OF INSULATORS WITH THE SAME TOTAL COST

After mining the material, it is crushed and calcinated. With impurities it may be gray, brown or greenish. The powder is marketed by fineness and chemical purity. Its high resistance to heat, chemical inertness, dielectric strength and good surface finish makes it a desirable filler for plastic. For insulating purposes, bricks or blocks may be sawed from the solid or molded from the crushed material, or it may be used in the powdered form. Diatomite blocks have a porosity of 90% of its volume, and makes an excellent fillter.

Vermiculite

It is a form of mica (aluminium magnesium silicate) that expands to many times its original volume when heated. After crushing and grading for size, the material is bagged and is ready for pouring into place. The colour is yellowish to brown. Exfoliated mica is a name for expanded vermiculite. Some scientists agree that vermiculite must be regarded as a true clay mineral.

A useful formula for vermiculite is :

$(H_2O)_x$ $(Mg, Ca)_\gamma$ $(Al, Fe, Mg)_z$ $(Si, Al, Fe)_4$ O_{10} $(OH)_2$, where x represents the mols of water, γ the exchangeable ions which range from 0.22 to 0.36, and Z the octahedral ions which are three or less.

The vermiculite crystal is composed of two silicate layers connected by a hydrous layer. The thickness of this unit cell in a fully hydrated material is about 0.0014 mm. Expanded vermiculite has many useful characteristics; it is a good thermal insulator at temperatures ranging from sub-zero to 1100°C; it is light in weight (low bulk density), fire proof, granular, free flowing, inert, and will not decompose or decay.

Insulating Fill — The larger granules are used to insulate homes and industrial buildings.

Concrete Aggregate : A specific grade of vermiculite is mixed with portland cement and an air entraining agent to produce a light-weight insulating concrete. It is used both structurally, and as an insulation for roofs on all types of buildings. It is used to build floors, walls, building blocks, roof slabs and tiles. A typical mix would be six parts by volume of vermiculite, to one part by volume of portland cement. It resists fire well and is, therefore, useful as a fire-proofing material for structures.

Asbestos

Asbestos insulating materials consist of natural asbestos fibre with or without a suitable binding agent which does not constitute more than 12½ per cent by weight of the finished product. It may be applied as loose fibre (either by hand packing, or with a spray gun), or in slab form.

Asbestos insulating board contains not less than 50% by weight of asbestos fibre, which is combined with an inorganic bonding agent substantially insoluble in water. The boards may also contain up to 25 per cent of inorganic cellular material such as vermiculite. Asbestos is available in the following forms.
Loose Fill : Loose asbestos fibre weighs not more than 260 Kg/m^3 when packed under light hand press.

Spray : The density of asbestos fibre applied by a spray gun and measured after application, should not be less than 80 Kg/m^3 and not more than 260 Kg/m^3 for thicknesses of 25 mm and up. For smaller thicknesses the density should not be more than 300 kg/m^3.

Slabs : These should not weight less than 120 Kg/m^3, and not more than 260 Kg/m^3.

Asbestos fibres are either blue, with a thermal conductivity of 0.6 kcal/(hr m c); or white with a thermal conductivity of 0.75 kcal/(hr m C).

Celton

This is the trade name used in the U.A.R. for foamed cement mortar used for the insula-

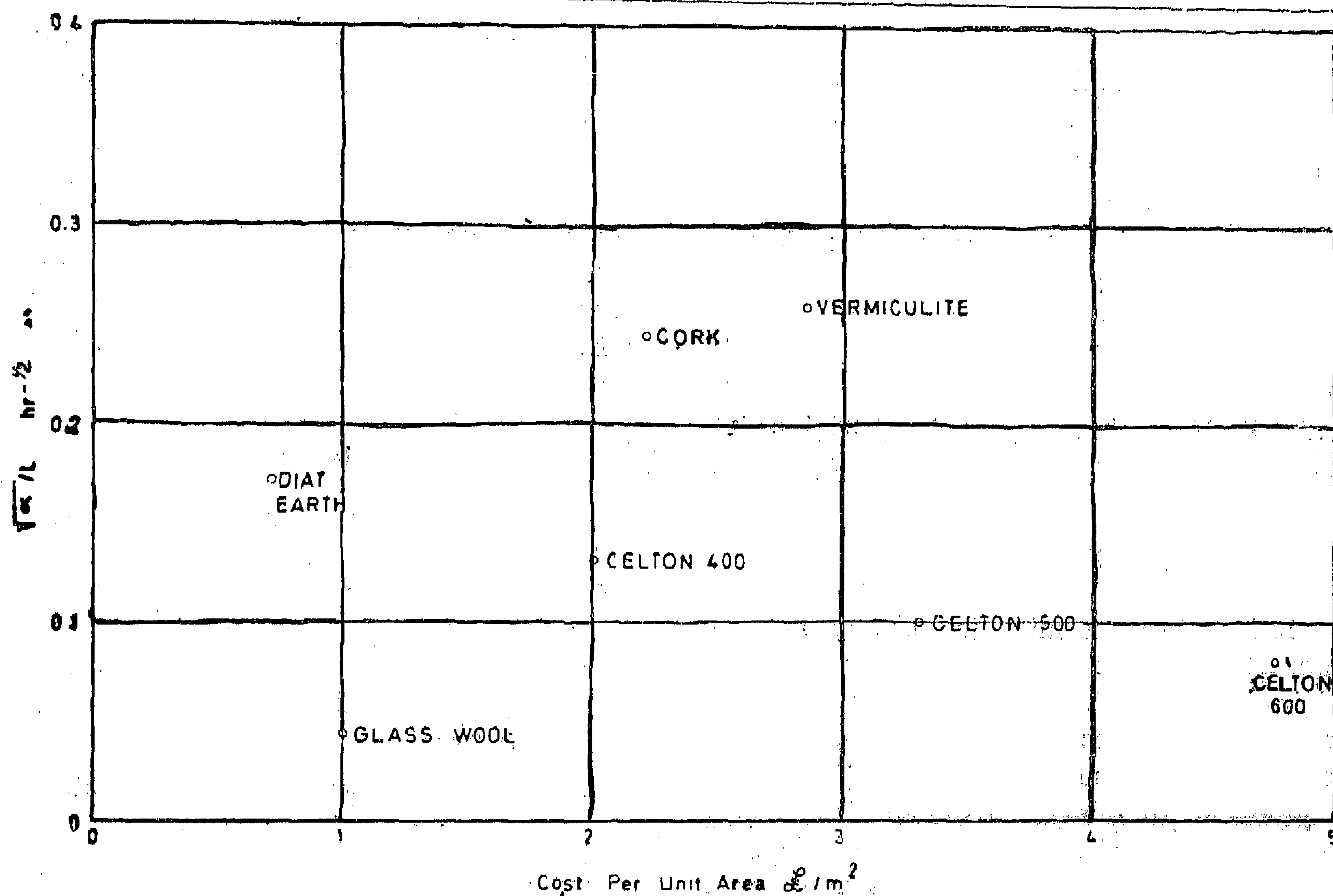


Fig 5 COST COMPARISON FOR INSULATORS WITH THE SAME CONDUCTANCE

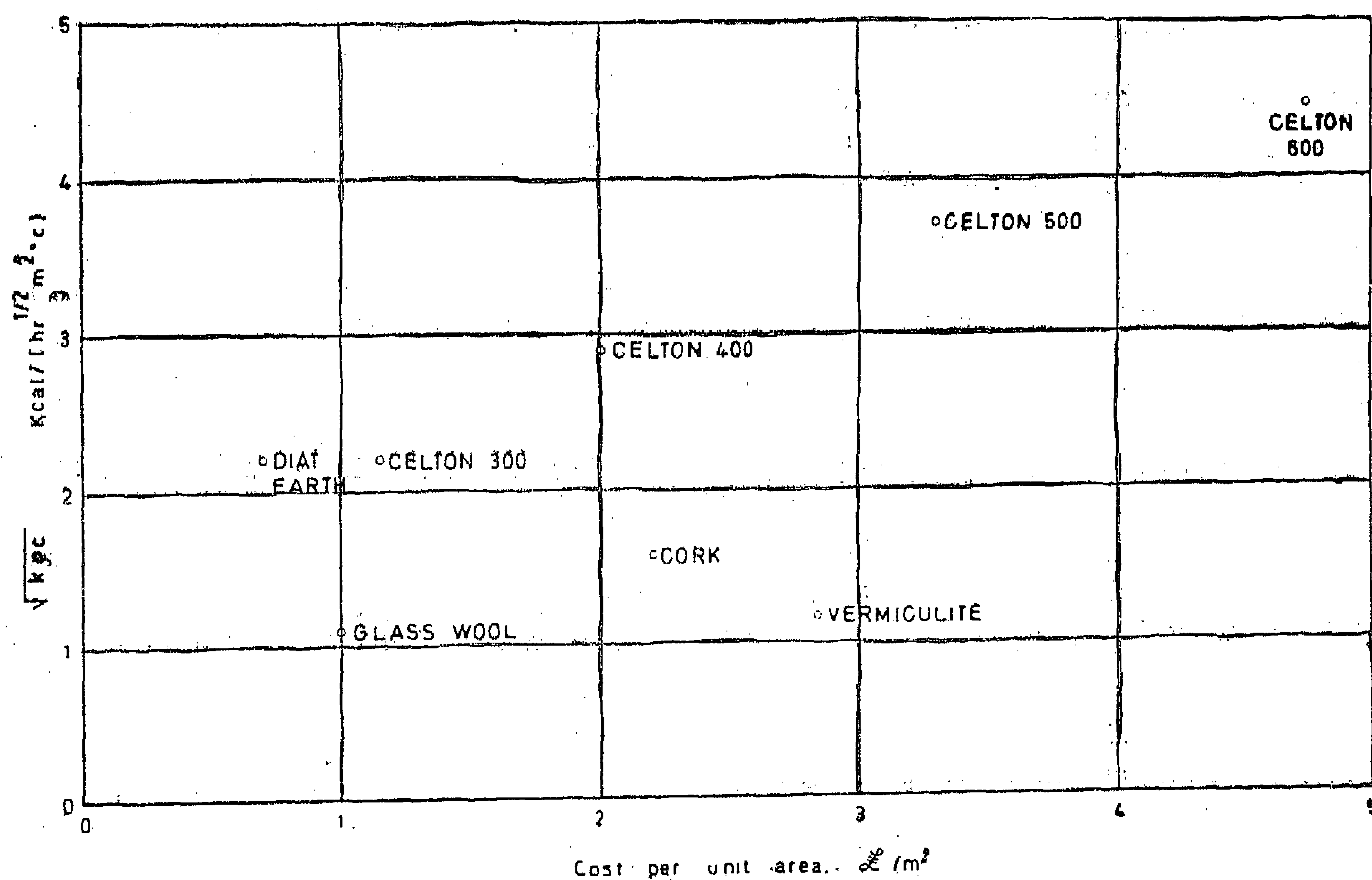


FIG 6 COST COMPARISON FOR INSULATORS WITH THE SAME CONDUCTANCE.

Glass Wool :

Since glass wool is a glass composition, its raw materials are essentially those of regular glass plus whatever is needed to obtain the specific formulation used; silica is supplied as glass sand, alkali as soda ash, etc... The fibres of glass wool should be long, and of an average diameter not greater than 0.025 mm. It is prepared in the form of loose fibres, quilts, mats, and rigid or semi-irigd slabs.

The major markets for mineral wool as heat and sound insulation, are in the building industry which uses loose wool, granulated wool, batts and blankets. It is used for industrial insulation as blankets (of different types) felts, boards, blocks, and pipe insulation.

The various forms of glass wool are :

Loose Wool : It is mineral wool in irregular masses as it comes from the fiber-forming operation, and is shipped without regard to form or dimension. It may be lightly treated with oil to prevent "dusting" and is suited for packing into hollow spaces, particularly irregularly shaped ones.

Granulated Wool: It is produced by passing loose wool through machines which tear it into small pieces permitting removal of part of the "shot" and unfiberized particles. It is then rolled lightly into pellets about 25 mm. or smaller. These are suitable for pouring or for blowing by air into confined hollow spaces such as those in house walls.

Blankets: These are used for industrial purposes. They are made, with or without a small quantity of binder. from loose wool or cut portions of conveyor belt ribbon by enclosing the wool between coverings and stitching through from one side to the other. Kraft paper is used for blankets insulation, while metal fabrics such as woven wire mesh and expanded metal lath are used for products to be applied on heated surfaces up to 1200°F. Other facings includes asbestos paper.

Batts: These are formed from a continuous layer of mineral wool. as produced by the moving conveyor belt bottom of a collecting chamber. Usually a small amount of stiffening binder, is added to this wool. It is cured or set with heat by passing it through an oven. The continuous layer is then slit lengthwise into standard widths, enclosed with asphalt-coated paper or similar vapor barrier on one side. It may have a vapor-permeable sheet on the other sides and is then cut into lengths for shipping. Short lengthes are called batts. longer lengths are often referred to as blanket insulation.

Cork

Cork insulating materials are manufactured from pure natural cork. The material may be in the form of granulated cork, baked slab cork or regranulated baked cork,

Cork board: construction board is made by compressing granulated cork and subjecting it to heat, so that the particles cement themselves together. It is employed for insulating walls and ceilings against heat and cold, and also as a sound insulator. Cork board retains the properties of cork, being cellular and without capillarity or tendency to absorb moisture.

85% Magnesia

It is made from the light carbonate of magnesia expressed variously as 5 Mg CO_3 Mg $(OH)_2$ 3 H_2 O; 5 Mg CO_3 2Mg $(OH)_2$ $7H_2O$; 4 Mg CO_3Mg $(OH)_2$ with approximately 15 precent asbestos fiber added for strength. This material, after being molded and baked, can be employed at temperatures up to 260°C.

Diatomaceous Earth

This is a class of compact, granular or amorphous minerals composed of hydrated or Opaline silica. It is used as an abrasive for filtering and for making insulating blocks and boards. Diatomceous earth is formed of fossil diatoms "Diatomite".

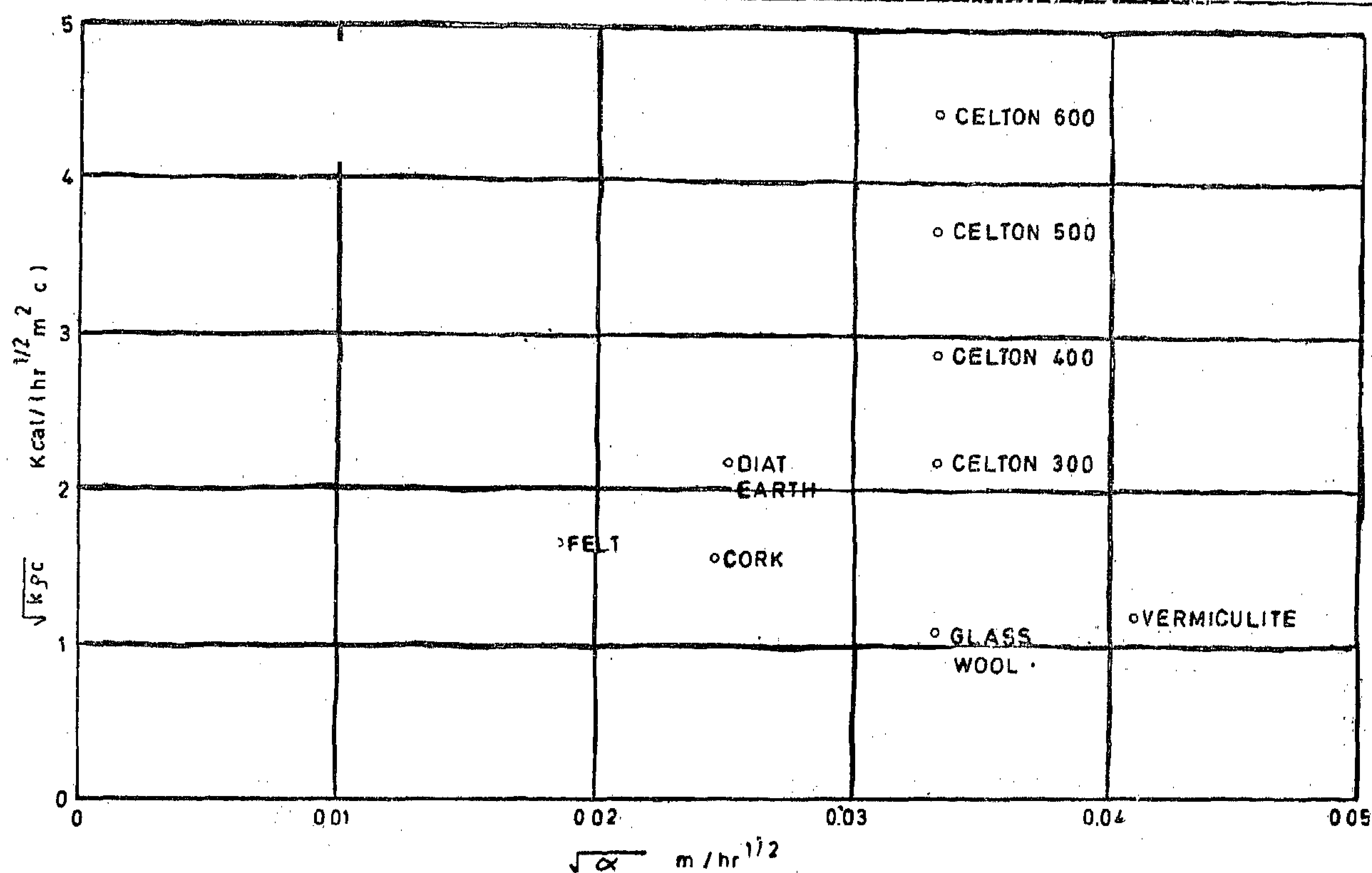


FIG. 3 THERMAL PROPERTIES OF INSULATIONS.

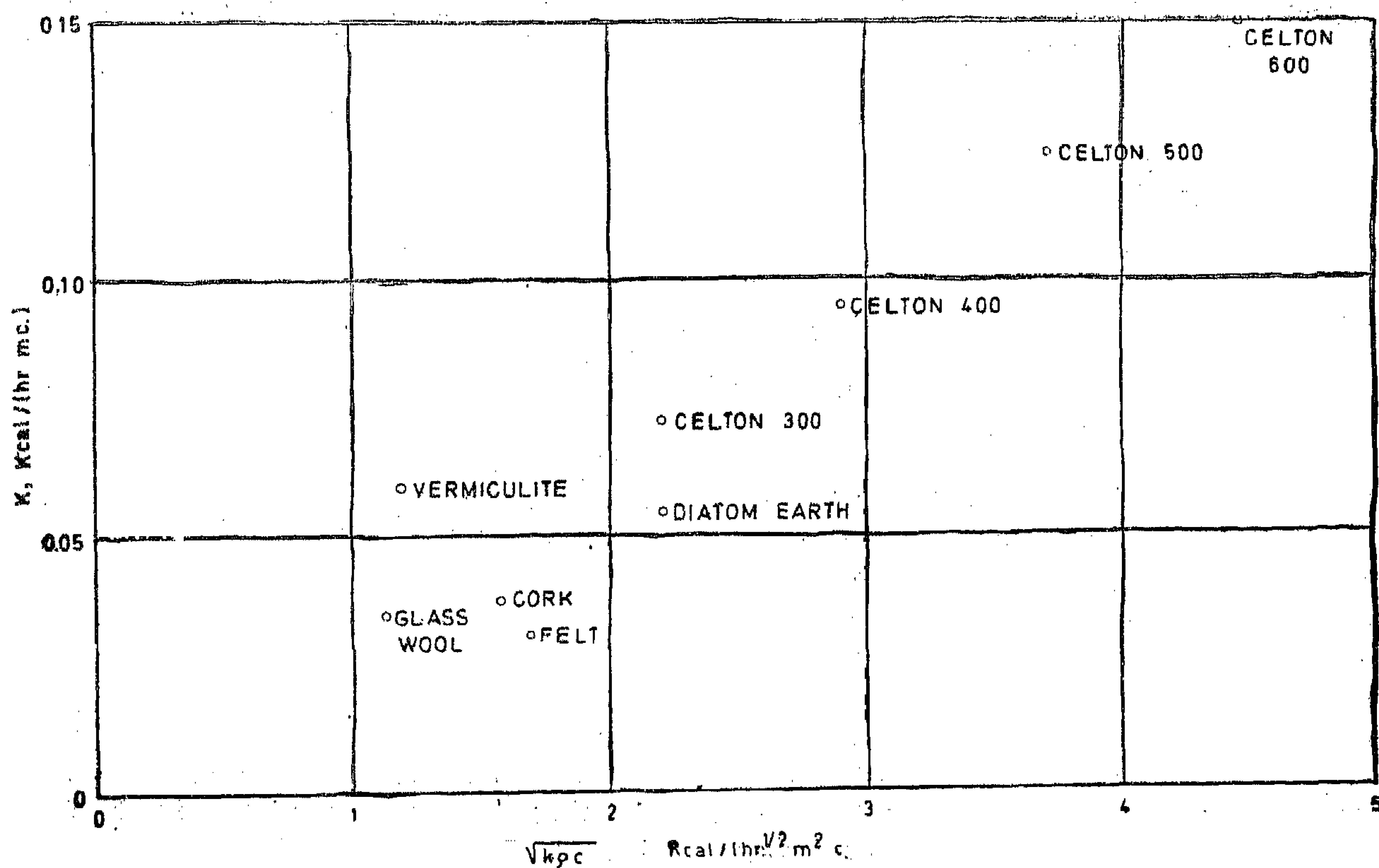


FIG 4 THERMAL PROPERTIES OF INSULATIONS.

that it sometimes forms pockets by bridging. Among organic materials used as loose-fill insulation are wood fibres, saw dust and granulated cork. Granulated cork is used chiefly as a low-temperature insulation.

Inorganic materials used as loose fill insulations, include mineral wools such as rock, glass and slag wool. They are formed by passing the molten mineral through a blast of steam. The mineral wool may be used in its original fibrous form as a loose packing or it may be easily converted to granulated form for pneumatic application. Another mineral used for insulation and is manufactured in granular form is vermiculite, a form of mica. Some minerals, such as diatomaceaus earth are used in powdered form as loose fill insulation.

3. *Flexible Insulation :*

This insulation is manufactured in the form of blankets or batts. The body of blanket or batt is made of loosely felted fibres which may be either mineral or organic in the case of blankets and are usually mineral in the case of batts. Blanket insulating materials include mineral wools such as rock, glass and slag wool. Asbestos fibres are also used in blanket insulations at higher temperature. Organic materials are usually chemically treated to make them resist fire and decay. Blanket insulations are usually covered on one or both sides with a sheet of paper which may act as a vapour barrier. Batt insulations either have no covering, or have paper on one side only.

INSULATING MATERIALS

The materials used for thermal insulation, and their various forms, are described in this part of the report.

Mineral Wool — Rock, Slag & Glass Wool

Mineral wool is a term applied to man — made fibres of silicate glass with useful properties resulting from their fibrous nature. Chemically they are silicate glass with varying percentages of metallic oxides, especially those of Al, Ca, Mg, iron; and in glass wool, sodium, potassium and boron. Other elements such as manganese titanium, sulphur, etc... are present being initially in the raw materials used and are not purposely added.

Manufacture :

Steps in manufacture of mineral wool from its raw materials include melting, fiber forming, collecting, and for some products, fabricating.

Slag or rock wool is manufactured from suitable slags or minerals and the resulting wools contain not more than 35% of "short" by weight.

It is prepared in the form of loose fibres, quilts mattresses, mats, rigid or semi-rigid slabs, or felts. Any suitable binding agent is used in the manufacture of such quilts, mattresses, mats, slabs. or felts, but should not constitute more than 10 percent by weight of the prepared wool.

Rock wool is made by melting rock in large furnaces. Rock is transformed into millions of fine fibres no more than 0.005 mm diameter.

Rock wool cannot burn, and it has a melting point of approximately 1200°C (2200°F) When not impregnated it can be used in temperatures up to about 800°C. (1475°F). Like all stone products, rock wool is inorganic and, therefore, would not rot or be damaged by dampness. The fibres do not function as capillary tubes and suck up moisture. On the contrary rock wool is water repellent when impregnated. It does not collapse and keeps its form unchanged. In this way it retains its properties undiminished.

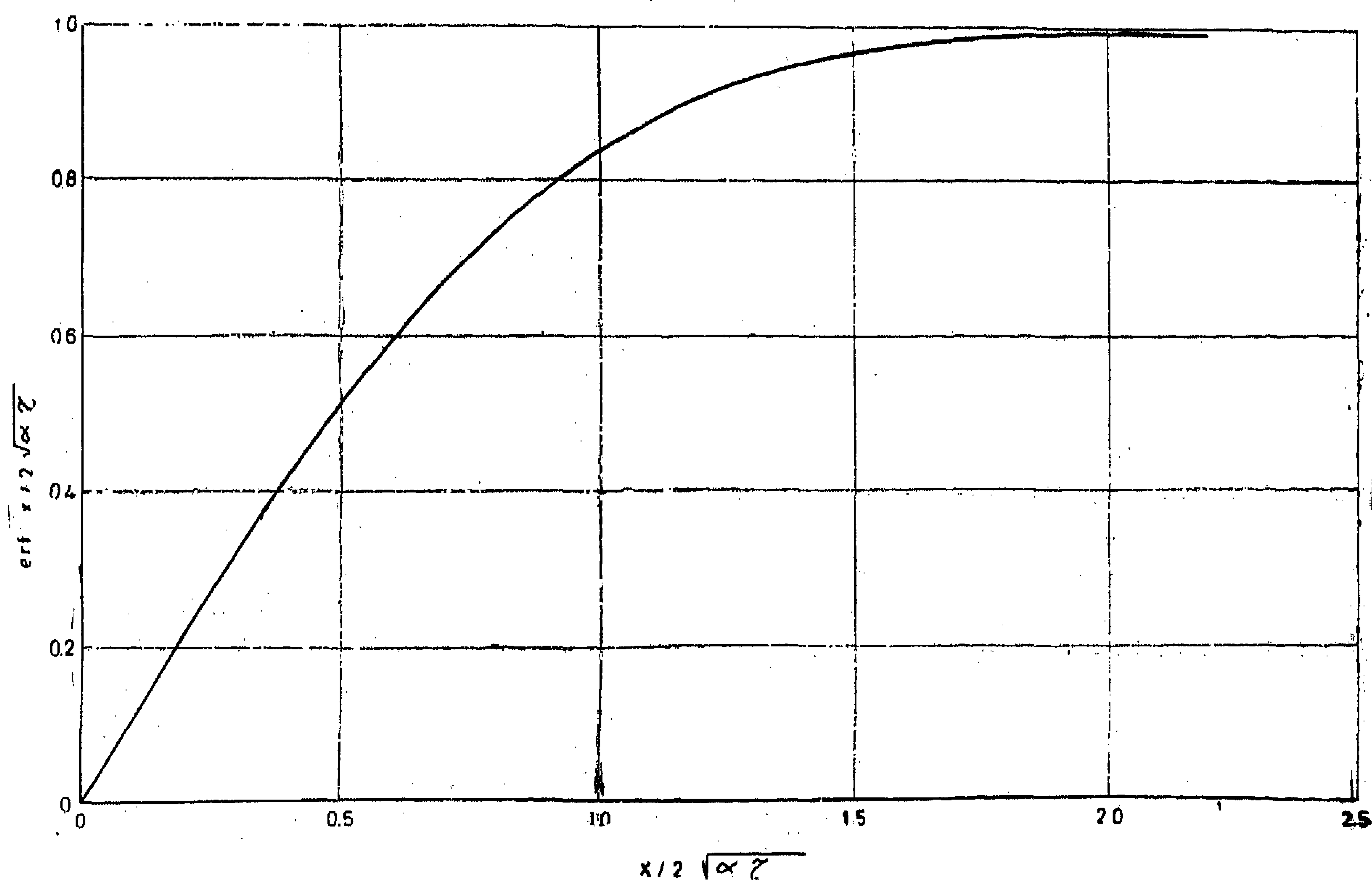


FIG 1 ERROR FUNCTION

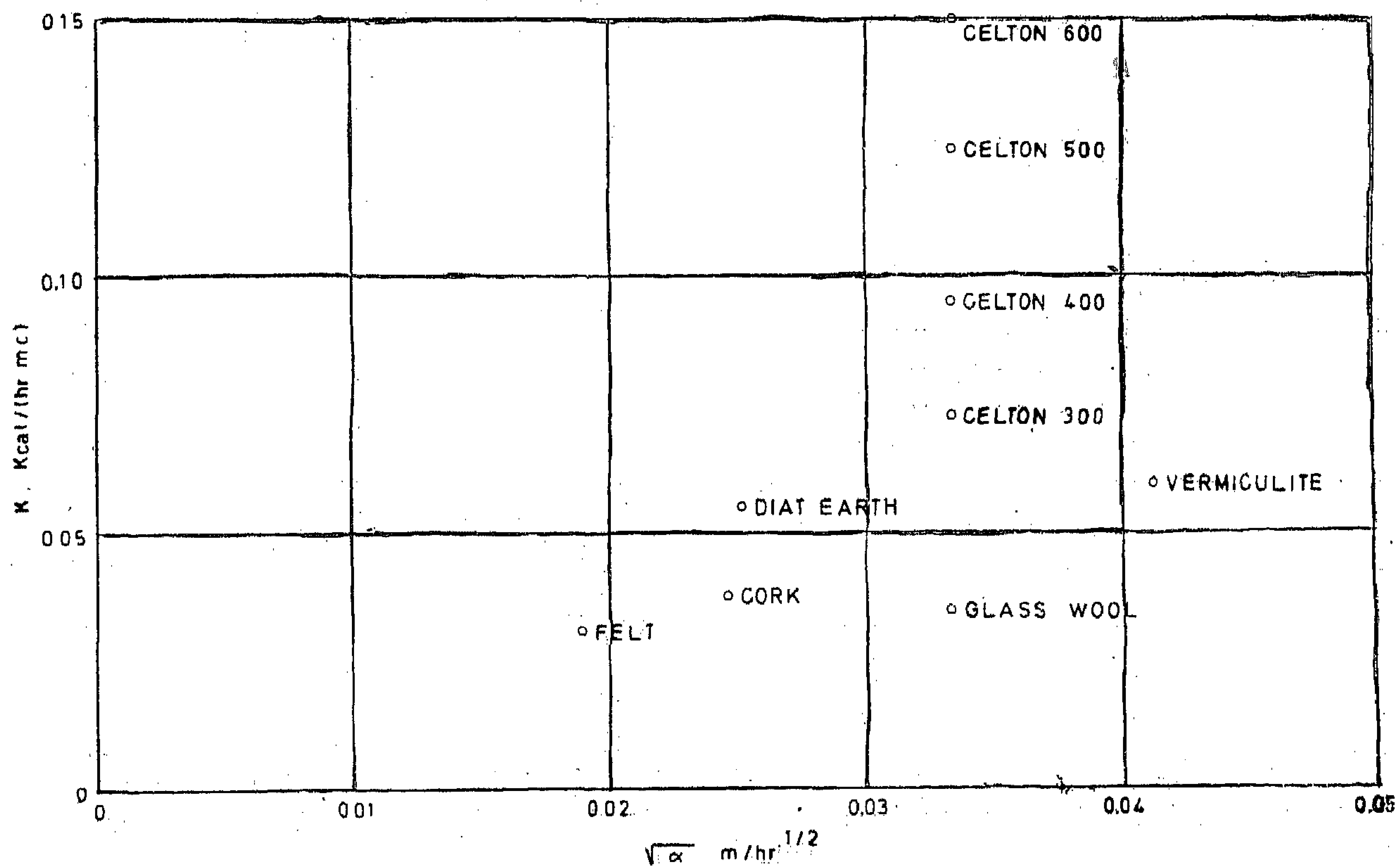


FIG 2 THERMAL PROPERTIES OF INSULATIONS

and sweating(*). The materials are manufactured so as to have low thermal conductivity and durable structure when wet. The problem of keeping moisture away from the cold surfaces and the interior of the insulation itself is of paramount importance in the choice and construction of low temperature insulation. Cattle hair, wool felt, cork and various combinations of these are used extensively as raw materials. Cork is used as sheets or blocks. Glass wool and cork are used as insulating materials for this purpose. Cork is sometimes used in granulated form. These materials are manufactured so as to have a low thermal conductivity.

b) *Normal Temperature Insulation (Buildings) (15 to 50°C) :*

This type of insulation is employed primarily for reducing the heat loss, from building walls, roofs ... etc, during cold weather, and the heat gain during warm weather. Aside from cork, many special insulations as rock wool, slag wool and glass wool are used. The latter three consist of fine fibres which resemble the general appearance of raw cotton. These insulators are applied in bulk form, blankets and special reinforced batts.

c) *High Temperature (50 to 150°C)* This is the range used in process work.

Owing to the relatively low temperatures encountered in this field, asbestos paper structures are extensively used. They have the advantages of a rather small conductivity and low cost. Asbestos paper is not suited to very high temperatures because of the decomposition of the binder.

d) *Very High Temperatures* .

These are the temperatures encountered in the range between 150 and 300°C. The resistance of the insulation to mechanical vibration and shock must be high. An insulation composed of 85 % magnesia and 15 % asbestos is often used.

Diatomaceous earth and asbestos are used primarily in the extremely high temperature range (300 to 1000°C) because of their resistance to decomposition at high temperature. Diatomaceous earth is excellent in insulating value, temperature resistance and durability. Asbestos is a silicate mineral having the characteristic properties of fibrous structures and is fire resistant. Diatomaceous earth and asbestos are often mixed together to form effective insulations for this temperature range.

The materials could also be classified according to their physical structure, which affects their methods of handling, storage, and method of application. This classification is usually as follows.

1. *Slab or Sheet Insulation :*

Slab or block forms of insulation are small, rigid units commonly employed for refrigeration, insulation of dwellings, and in other low temperature and moderate temperature applications. Examples of this type of insulation are cork board made from the bark of the cork oak, slabs made of a mixture of wood fibers and cement, slabs made of mineral wool with binder, slabs made by laminated insulating board, vermiculite, asphalt slabs, etc. For use at high temperatures, block insulation may be made of a magnesia asbestos mixture, mineral wool with binder, or of diatomaceous earth and asbestos with binder.

2. *Loose-Fill Insulation :*

These materials are made in granular, cellular, powdered, or fibrous form. They are commonly used for insulating existing structures and are poured, hand-packed or blown in between structural framing members. While a loose-fill insulation is easy to apply, it has the disadvantage that it tends to settle with time and

(*) Sweating means the condensation of moisture on a surface whose temperature is below the dew point of the surrounding atmosphere.

INSULATING MATERIALS FOR BUILDINGS THEIR PROPERTIES, USES, AND ECONOMICS

With Special Reference to Materials Available in the U.A.R.

By

Dr. K. HASSAN Dr. A. SALEH N. FIKRY

INTRODUCTION

One of the most important problems that faces both the designer and the inhabitant of a building, beside its size, locality, etc. is the control of its interior temperature to make it more useful and comfortable. This problem is practically reduced to that of insulation.

The problem is usually that of insulating the building thermally from the surrounding atmosphere. In cold climates, this is done to prevent the loss of the heat generated within the building to heat it, to the outside.. In hot climates, the reverse is ture, i.e. the buildings are thermally insulated to prevent the outside heat from affecting the interior. In temperate climates, such as ours, during a large part of the year, the temperature by day is usually too hot to be tolerable, while the weather is relatively cool at night. Usually, our problem is that of protecting the interior of the building by day because the heat in summer is sometimes unbearable.

The designer is usually interested in insulating the building against the hot weather by using thick walls and roofs that contain the appropiate insulator. However, a new problem is raised. A large insulating wall of large heat capacity stores heat energy during the day and releases a part of it at night. This may result in uncomfortable conditinos in the building during this period. For reasons of comfort the walls and roofs should be of such construction that they would cool rapidly at night.

The object of this report is to discuss and compare the qualities and cost of the various insulaiing materials particularly those available in the U.A.R.

CLASSIFICATION OF INSULATING MATERIALS

Insulating materials may be classified according to the temperature range in which they are employed, or according to their physical structure.

In classifying the materials according to the temperature range of application, it should be noted that these temperature ranges are rather arbitrary and not very well defined. Further, many insulating materials could be used in quite a large range of temperatures and hence, could be used in more than one of the temperature ranges listed below.

a) *Extremely Low-Temperature Insulation.* $(< 0^\circ C)$:

These materials are used to insulate low-temperature refrigeration systems. e.g. ice making plants, freezing rooms, etc. In this case the insulators are subject to freezing

The displacements and rotation are given by :

$$u = - \frac{q}{2C} xy$$

$$v = \frac{q}{4C} x^2 + \frac{\nu}{1-\nu} \frac{q}{4C} y^2 \qquad (26)$$

$$\omega_z = \frac{q}{2C} x$$

It should be noted that in order to obtain this solution it is necessary that the ratio of the moment of the couple-stress to the moment of the ordinary stresses be a certain value, namely

$$6 (1 - \nu^2) C/E a^2$$

where 2a is the length of the loaded side of the plate.

10. *CONCLUDING REMARKS :*

Great difficulty has been encountered in obtaining complete solutions except for the most simple cases of loading using couple-stress theory. A method of solution using stress functions is given by Mindlin (4) in the study of the influence of couple-stresses on stress concentration

A simple experimental method to determine the material constant C for real materials remains to be discovered. An attempt in this direction is given in (8) where the elastic constants of a model of a supposed 3-constant elastic material are obtained.

11. *REFERENCES*

1. Voigt, W., "Theoretische Studien über die Elasticitatsverhaltnisse der Krystalle", Abh. Ges. Wiss. Göttingen 34, 1887; "Uber Medien ohne innere Krafte und eine durch sie gelieferte mechanische Deutung der Maxwell-Hertz'schen Gleichungen", Gött. Abh. 1894, pp. 72-79.
2. Cosserat, E. et F., "Théorie des Corps Déformables", A. Hermann et Fils, Paris, 1909.
3. Mindlin, R.D., and Tiersten, H.F., "Effects of Couple-stresses in Linear Elasticity", Archive for Rational Mechasics and Analysis, Vol. 11, 1962, pp. 415-448.
4. Mindlin, R.D., "Influence of Couple-stresses on Stress Concentrations", Experimental Mechanics, Vol. 3, 1963, pp. 1-7.
5. Mindline, R.D., "Micro-Structure in Linear Elasticity", Archive of Rational Mechanics and Analysis, Vol. 16, 1964, pp. 51-78.
6. Toupin, R.A., "Elastic Materials with Couple-stresses", Archive for Rational Mechanics and Analysis, vol. 11, 1962, pp. 385-414.
7. Schaefer, H., "Versuch einer Elastizitätstheorie des zweidimensionalen ebener Cosserat-Kontinuums, Miszellaneen der Angewandten Mechanik, Akademie Verlag, Berlin, 1962, pp. 277-292.
8. Hoppmann, W.H., and SHAHWAN, F. O. F. "Physical Model of a 3-Constant Isotropic Elastic Material", Journal of Applied Mechanics, Dec. 1965.
9. Timoshenko, S., and Goodier, J.N., "Theory of Elasticity," McGraw-Hill Book Co. Inc., 2nd Ed. 1951, p. 225.

The displacements and rotation are given by :

$$u = \frac{1+\nu}{E}\sigma_o x$$
$$v = -\frac{1+\nu}{E}\sigma_o y \qquad (20)$$
$$\omega_z = 0$$

C. Field of Pure Shear :

Consider a rectangular plate under the effect of pure shear along the ends of the plate as shown in Fig. (10).

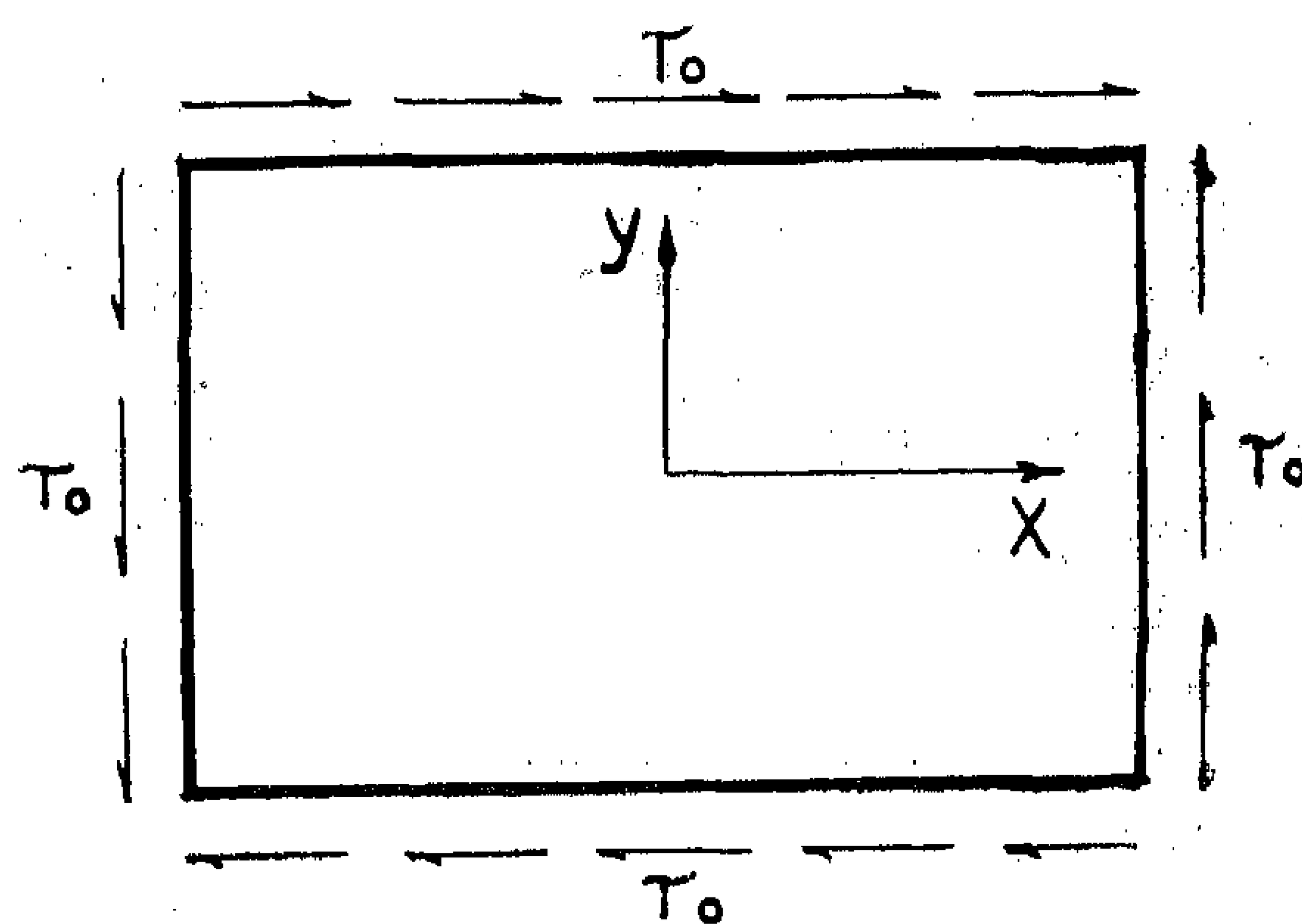


Fig. 10

The solution for this case may be written :

$$\sigma_x = \sigma_y = 0$$
$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \tau_o = \text{const} \qquad (21)$$
$$q_{xz} = q_{yz} = 0$$

The strains and curvatures are given by :

$$\epsilon_{xx} = \epsilon_{yy} = 0$$
$$\epsilon_{xy} = \frac{\tau_o}{G} \qquad (22)$$
$$k_{xz} = k_{yz} = 0$$

The displacements and rotation are given by :

$$u = \frac{\tau_o}{G} y$$
$$v = \frac{\tau_o}{G} x \qquad (23)$$
$$\omega_z = 0$$

D. *Field of Pure Bending :*

Consider a rectangular plate under the effect of pure bending defined by Schaefer (8) as shown in Fig. (11). Note that it differs from pure bending in classical elasticity by the addition of uniformly distributed point couples.

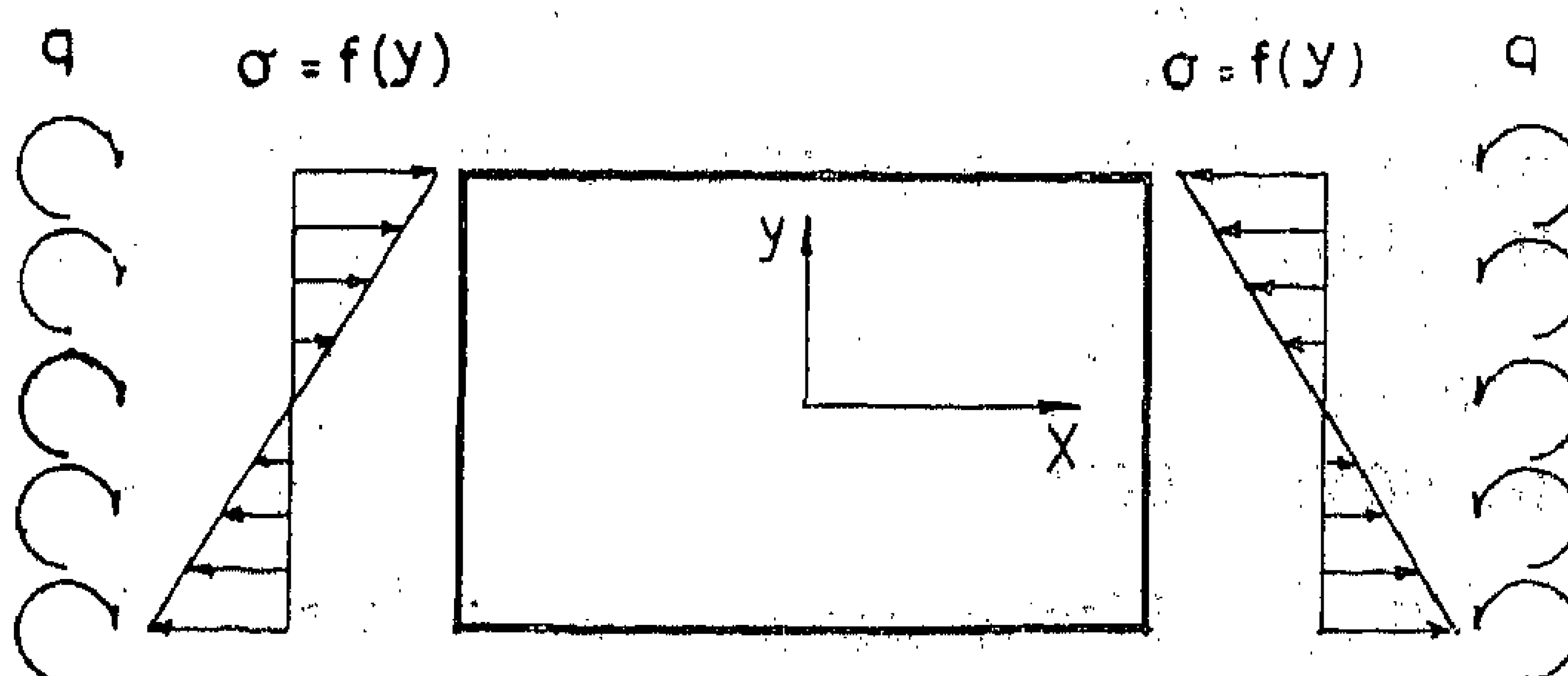


Fig. 11

The solution for this case may be written :

$$\sigma_x = -\frac{q}{2C}\frac{E}{1-\nu^2}$$
$$\sigma_y = 0$$
$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = 0 \qquad (24)$$
$$q_{xz} = q = \text{const}$$
$$q_{yz} = 0$$

The strains and curvatures are givon by :

$$\epsilon_{xx} = -\frac{q}{2C} y$$
$$\epsilon_{yy} = \frac{\nu}{1-\nu}\frac{q}{2C} y$$
$$\epsilon_{xy} = 0 \qquad (25)$$
$$k_{xz} = \frac{q}{2C}$$
$$k_{yz} = 0$$

9. *PROBLEMS IN COUPLE-STRESS THEORY*

The complete theoretical solution for some simple problems using couple-stress theory is presented. All solutions satisfy the equation of equilibrium and the equations of compatibility. The two-dimensional case of plane strain is considered throughout.

A. *Field of Uniform Tension* :

Consider a rectangular plate under the effect of uniform tensile stress as shown in Fig. (8).

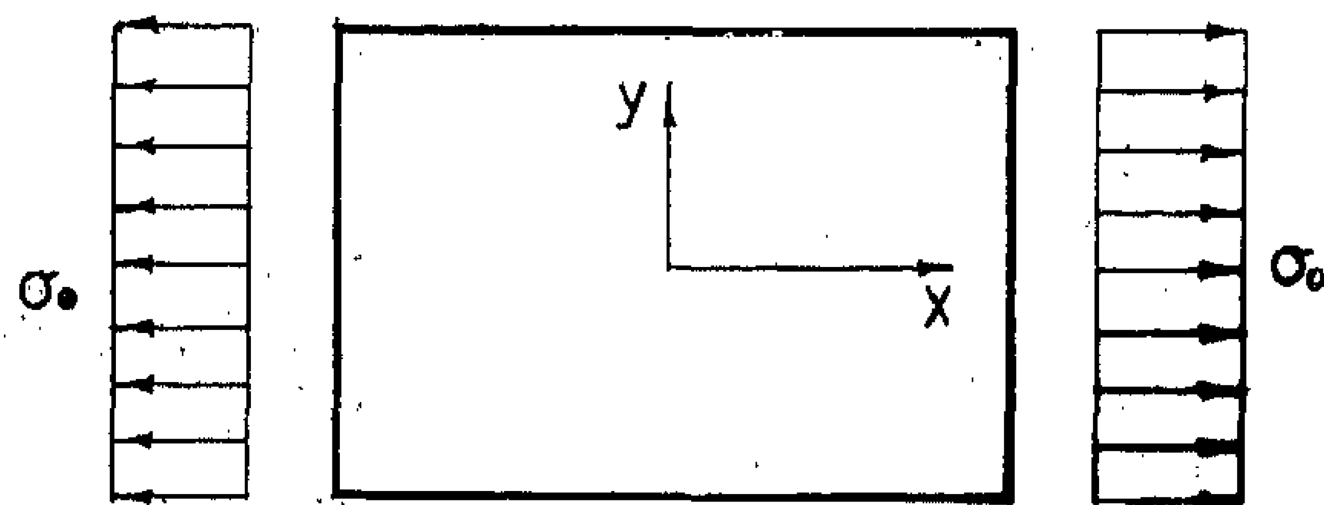


Fig. 8

The solution for this case may be written

$$\sigma_x = \sigma_0 = \text{const}$$
$$\sigma_y = 0 \qquad (15)$$
$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = 0$$
$$q_{xz} = q_{yz} = 0$$

The strains and curvatures are given by equations (6), (7) and (8).

$$\epsilon_{xx} = \frac{(1-\nu^2)}{E}\sigma_0$$
$$\epsilon_{yy} = -\frac{\nu(1+\nu)}{E}\sigma_0 \qquad (16)$$
$$\epsilon_{xy} = 0$$
$$k_{xz} = k_{yz} = 0$$

Integrating equatitons (3) in terms of the displacements u and v, the displacements and rotation are :

$$u = \frac{(1-\nu^2)}{E}\sigma_0 x$$
$$v = -\frac{\nu(1+\nu)}{E}\sigma_0 y \qquad (17)$$
$$\omega_z = 0$$

B. *Field of Biaxial Stress* :

Consider a rectangular plate under the effect of uniform tensile stress along two opposite ends and uniform compressive stress along the two other ends as shown in Fig. (9).

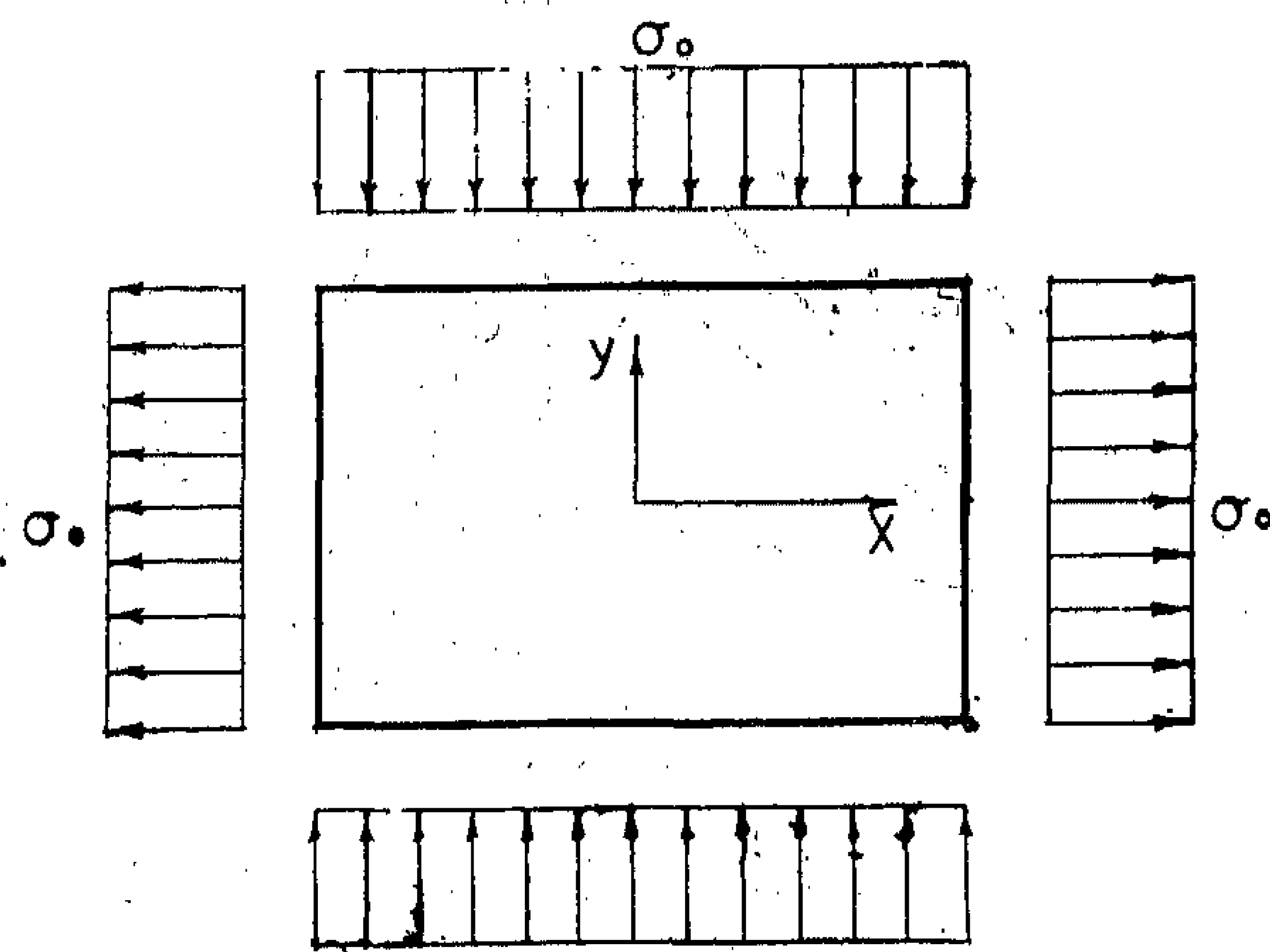


Fig. 9

The solution for this case may be written :

$$\sigma_x = \sigma_0 = \text{const}$$
$$\sigma_y = -\sigma_0 = \text{const}$$
$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = 0 \qquad (18)$$
$$q_{xy} = q_{yx} = 0$$

The strains and curvatures are given by :

$$\epsilon_{xx} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_0$$
$$\epsilon_{yy} = -\frac{1+\nu}{E}\sigma_0 \qquad (19)$$
$$\epsilon_{xy} = 0$$
$$k_{xz} = k_{yz} = 0$$

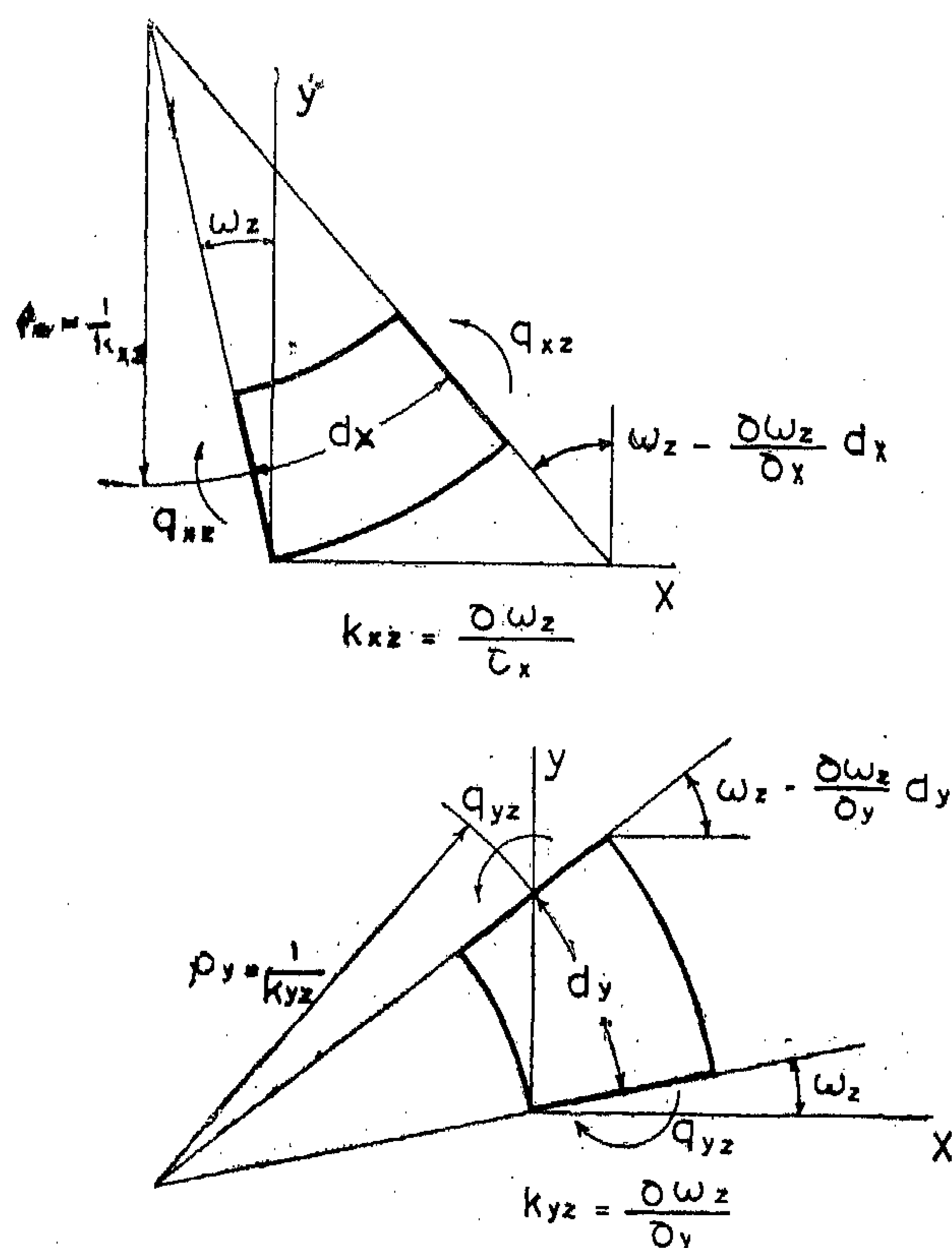


Fig. 7

The symmetric part of the shear stress is related to the usual strain by :

$$\epsilon_{xy} = \frac{1}{G} \tau_s = \frac{1}{2G} (\tau_{xy} + \tau_{yz}) \quad (7)$$

It is assumed that the curvatures are proportional to the couple-stresses :

$$k_{xz} = \frac{1}{2C} q_{xz}$$
$$k_{yz} = \frac{1}{2C} q_{yz} \quad (8)$$

where C is a modulus of curvature and has the dimensions of force, the factor 2 is introduced for convenience.

The three independent constants of elasticity are E, G and C. The usual relation of classical elasticity holds for E, G and ν as follows :

$$G = \frac{E}{1 + \nu}$$

Note that G is written twice as large as usual because of the definition of shear strain in the third of equations (3). ν is the usual Poisson's ratio.

8. *EQUATIONS OF COMPATIBILITY :*

By eliminating the displacements in the first three equations of the set of equations (3), we obtain an equation of compatibility of strains :

$$\frac{\partial^2 \epsilon_{xx}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_{yy}}{\partial x^2} = 2 \frac{\partial^2 \epsilon_{xy}}{\partial x \, \partial y} \quad (9)$$

Using equations (5) and equations (3) we obtain two equations of compatibility of curvatures and strains :

$$k_{xz} = \frac{\partial \epsilon_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial \epsilon_{xx}}{\partial y} \quad (10)$$

and

$$k_{yz} = \frac{\partial \epsilon_{yy}}{\partial x} - \frac{\partial \epsilon_{xy}}{\partial y} \quad (11)$$

Note:

$$\frac{\partial k_{xz}}{\partial y} = \frac{\partial k_{yz}}{\partial x}$$

The three equations of compatibility may be expressed in terms of stresses and couple-stresses by using the stress-strain relations of equations (6) and (7) and the couple-stress-curvature relations of equations (8).

$$\frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial x^2} - \nu \nabla^2 (\sigma_x + \sigma_y) = \frac{\partial^2}{\partial x \, \partial y} (\tau_{xy} + \tau_{yx}) \quad (12)$$

$$q_{xy} = \frac{C}{G} \left[\frac{\partial}{\partial x} (\tau_{xy} + \tau_{yx}) - 2 \frac{\partial}{\partial y} \left[\sigma_x - \nu (\sigma_x + \sigma_y) \right] \right] \quad (13)$$

$$q_{yz} = \frac{C}{G} \left[2 \frac{\partial}{\partial x} \left[\sigma_y - \nu (\sigma_x + \sigma_y) \right] - \frac{\partial}{\partial y} (\tau_{xy} + \tau_{yx}) \right] \quad (14)$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

$$\epsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x}$$
$$\epsilon_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y} \qquad (3)$$
$$\epsilon_{xy} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)$$
$$\omega_z = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)$$

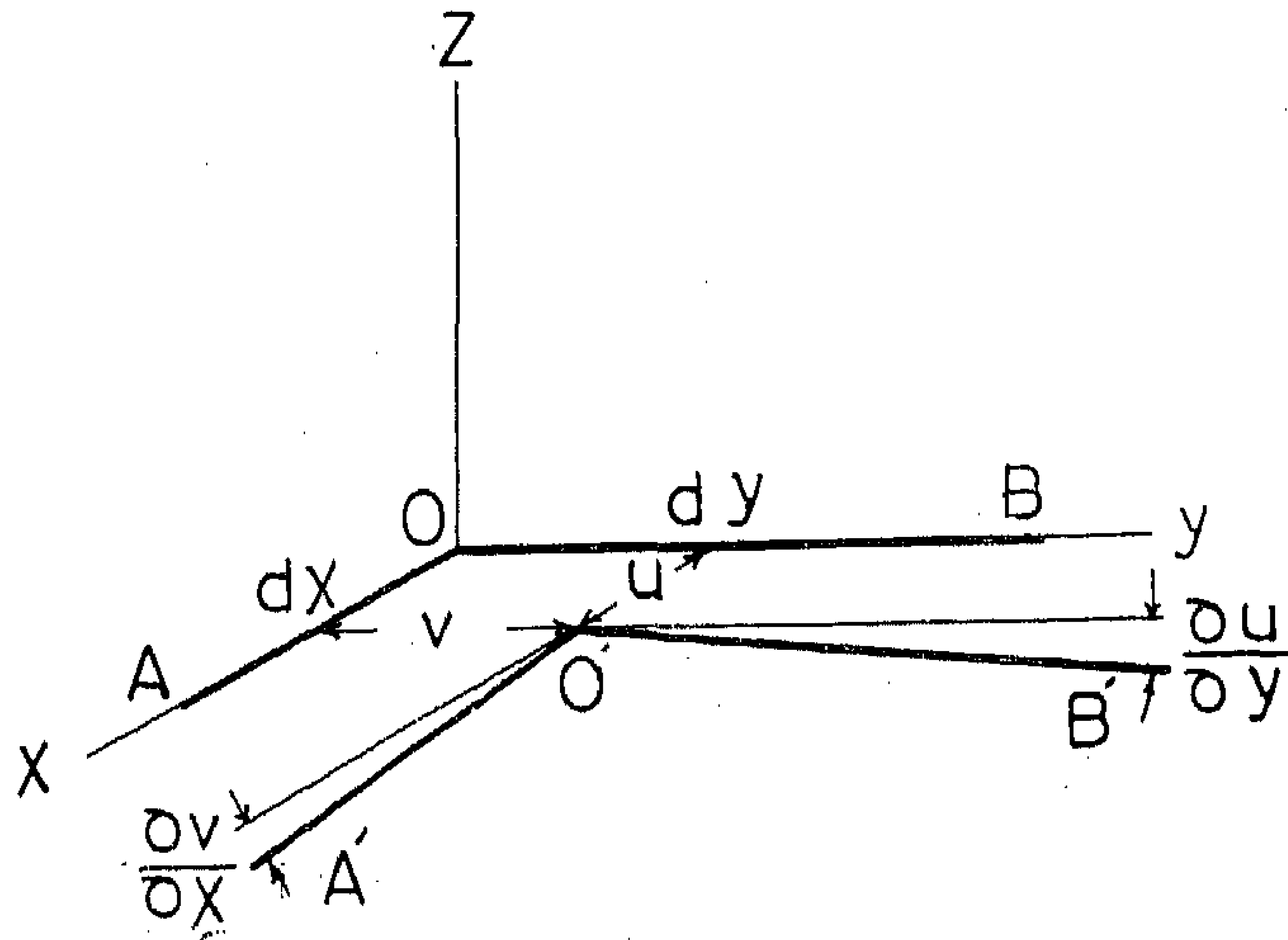


Fig. 5

The remaining strains and rotations are identically equal to zero for the case of plane strain

B. *Couple-stress Theory :*

In addition to the changes caused in an originally rectangular element in a deformed body according to the classical theory, curvatures are caused in the element due to couple-stresses. This may be seen for the case of plane strain as follows :

Taking into consideration that τ_{xy} does not necessarily equal τ_{yx} , the cross shears τ_{xy} and τ_{yx} may be resolved into a symmetric part τ_s and an antisymmetric part τ_a such that :

$$\tau_s = \frac{1}{2}(\tau_{xy} + \tau_{yx}) \qquad (4)$$
$$\tau_a = \frac{1}{2}(\tau_{xy} - \tau_{yx})$$

It may be seen from Fig. (6) that the symmetric part of the shear stress produces the usual shear strain ϵ_{xy} and that the antisymmetric part tends to produce a local rigid body rotation ω_z. The antisymmetric part of the shear stress is balanced by the couple-stresses in accordance with the third equation of equilibrium (2).

On further analysing the effect of couple-stresses on the shape of a strained element it may be seen, Fig. (7), that couple stresses produce curvatures to the rotated element — a change in shape not considered in the classical theory. The curvatures k_{xz} and k_{yz} are related to the rotation ω_z by :

$$k_{xz} = \frac{\partial \omega_z}{\partial x} \qquad (5)$$
$$k_{yz} = \frac{\partial \omega_z}{\partial y}$$

7. *STRESS-STRAIN RELATION :* Couple-stress Theory.

In an isotropic medium, the normal components of strain ϵ_{xx} and ϵ_{yy} are related to the normal components of stress σ_x and σ_y by :

$$\epsilon_{xx} = \frac{1+\nu}{E}\left[\sigma_x - \nu(\sigma_x + \sigma_y)\right] \qquad (6)$$
$$\epsilon_{yy} = \frac{1+\nu}{E}\left[\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_y)\right]$$

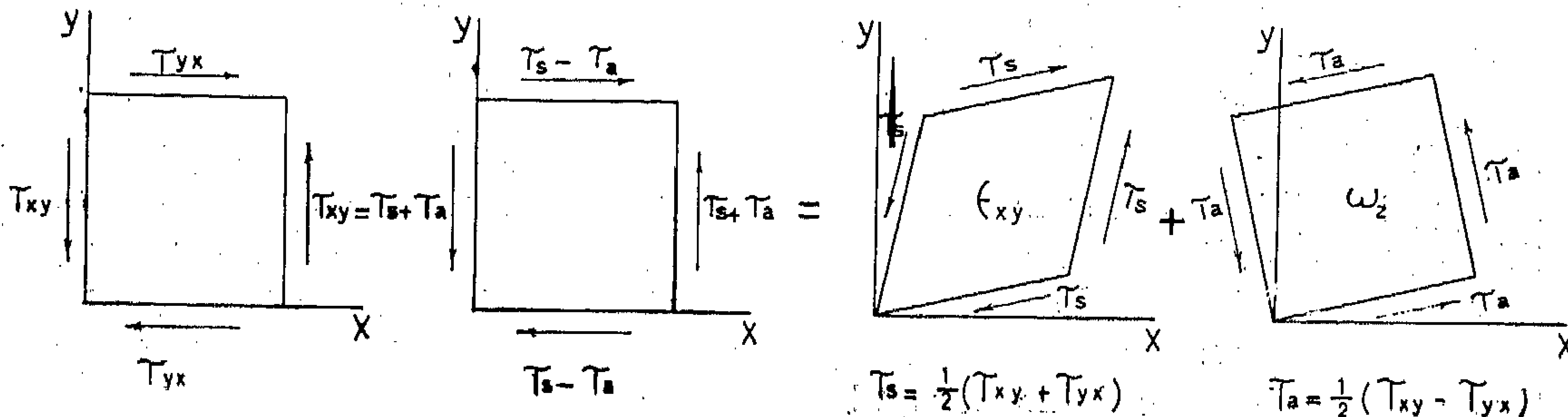


Fig. 6

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} = 0$$
$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0 \qquad (2)$$
$$\frac{\partial q_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial q_{yz}}{\partial y} + \tau_{xy} - \tau_{yx} = 0$$

5. *QUALITATIVE ASPECTS*

In Fig. (3), the rectangular components of fores per unit area (σ_x, σ_y, τ_{xy}, τ_{yx}) and couple per unit area (q_{xz}, q_{yz}) are shown, in their positive senses, acting on the faces of a small rectangular element of length dx, width dy and unit thicksess. If, as indicated in the figure, the stresses and couple-stresses do not vary from one side of the element to the opposite

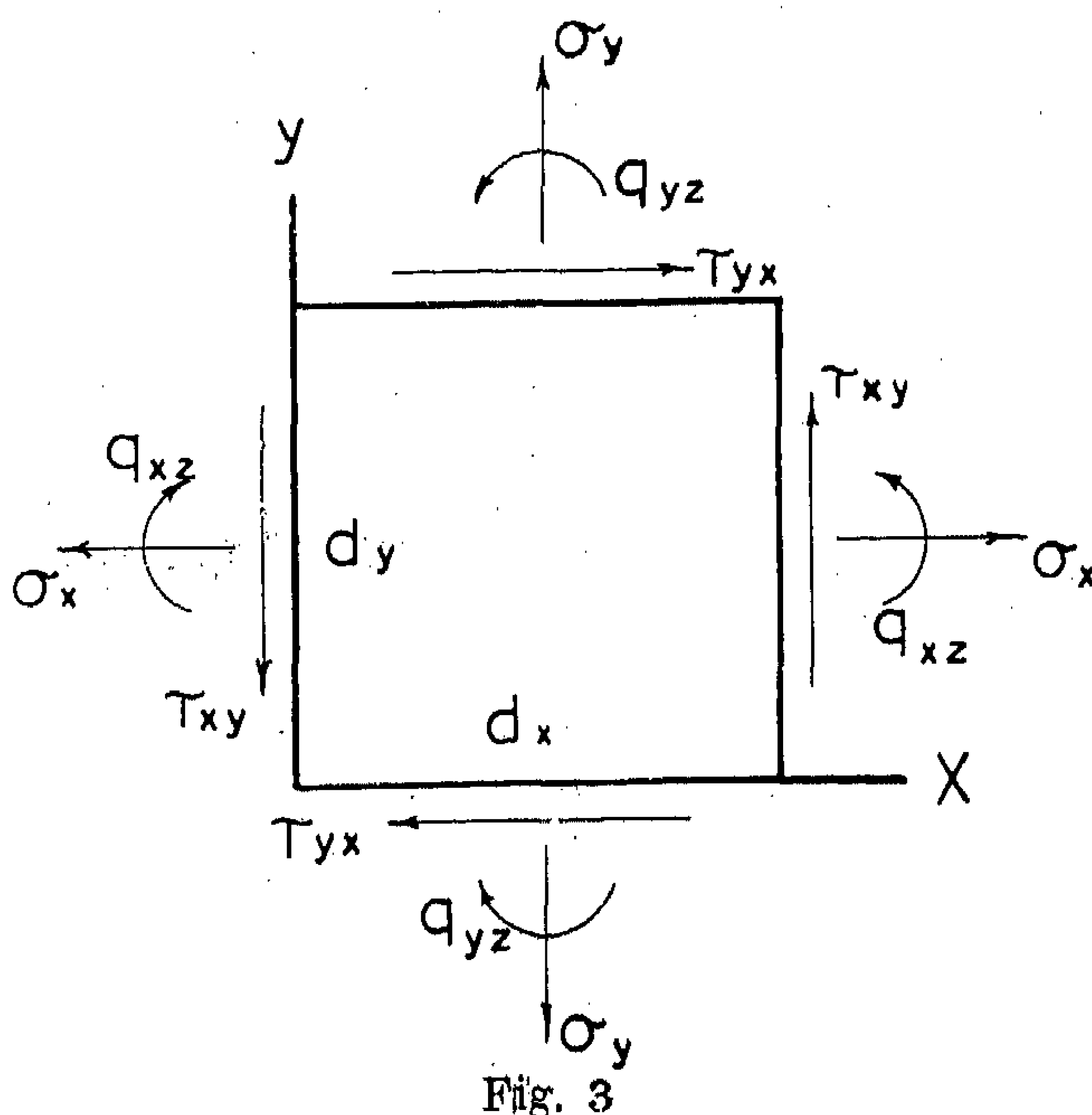
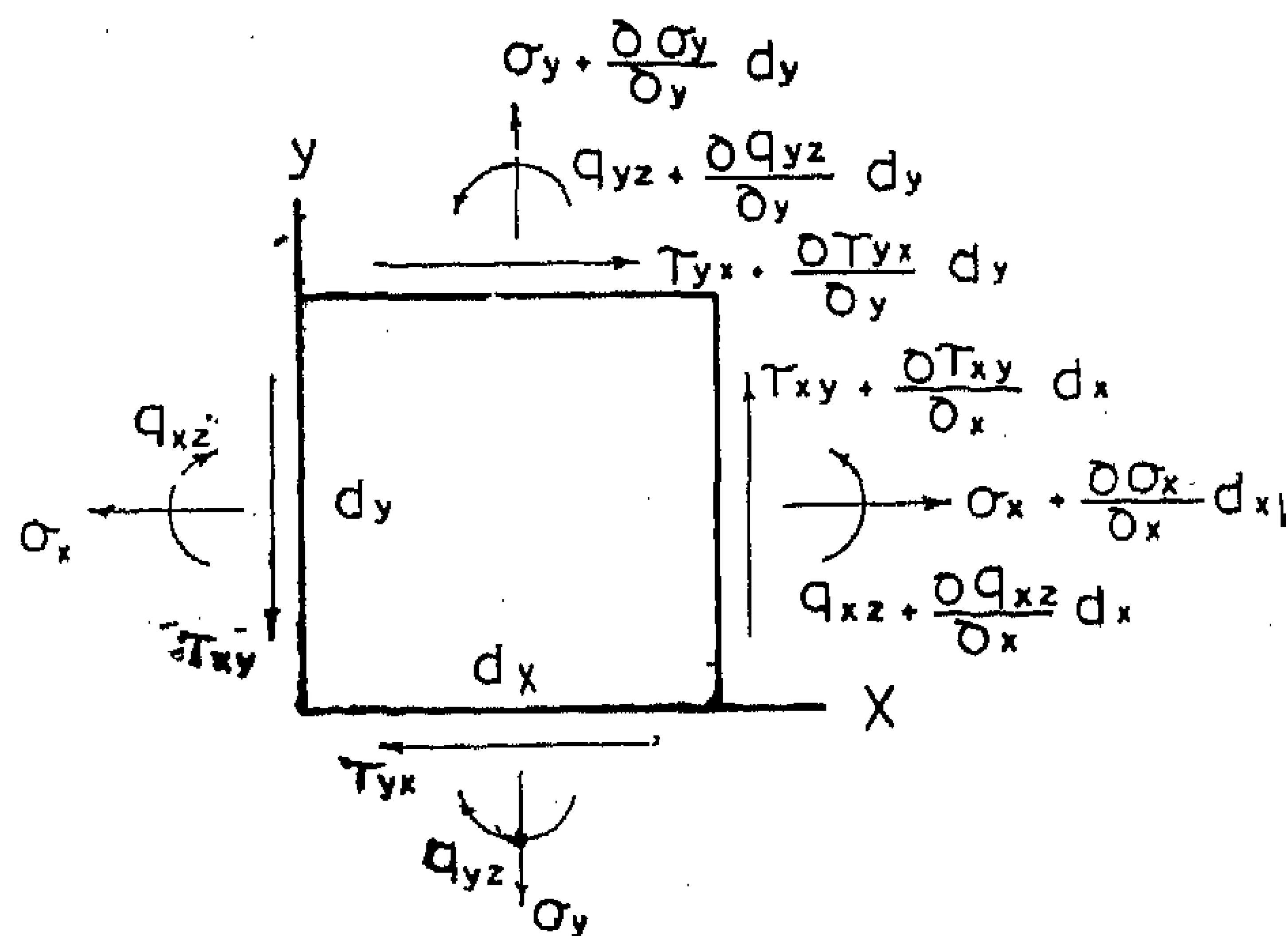


Fig. 3

side, consideration of equilibrium of moments shows that the couples balance and, therefore, the cross shears τ_{xy} and τ_{yx} must be equal. If the stresses and couple-stresses vary across the element the situation is as indicated in Fig (4). The condition of equilibrium of moments given by the third equation of the set of equatins (2) shows that when varying couple-stresses are considered, the cross shears are not necessarily equal. Conversely, if the cross shears are equal, or even zero, the couple-stresses need not vanish : only the sum of the first two terms must then be zero.


Fig. 4

6. *DEFORMATION :*

A. *Classical Theory :*

In general during the deformation of a body, one element is changed in shape, rotated and translated (9). According to the classical theory of elasticity any rectangular element could have been brought into its final form, orientation and position in the following three steps, beginning with the element in the undeformed body :

i. The strains ε_{xx}, ε_{yy}, ε_{zz} ε_{xy}, ε_{yz}, ε_{zx} are applied to the element, and the element is so oriented that the directions of the principal strains have not rotated.

ii. The element is rotated by the quantities ω_x, ω_y, ω_z.

iii. The element is translated until its centre occupies its final position.

In the state of plane strain in the plane of x and y, Fig. (5), the components of displacement, u and v in the x—and y—directions, are functions of x and y only and the third comonent of dinsplacement w is zero. The strains and rotation may be related to the displacements by :

u, v, w = Components of displacement in the x-, y- and z-directions.

ρ_{xz} , ρ_{yz} = Radii of curvature in the xy-plane.

k_{xz} , k_{yz} = Curvatures in the xy-plane.

E = Modulus of elasticity in tension and compression.

G = Modulus of elasticity in shear.

C = Modulus of curvature.

ν = Poisson's ratio.

3. *STRESS COMPONENTS :*

In Fig. (1) a cubic element is shown with the components of stress acting on the sides of element and the directions taken as positive as visulised in classical elasticity. The components of stress are shown, for convenience, on three sides only.

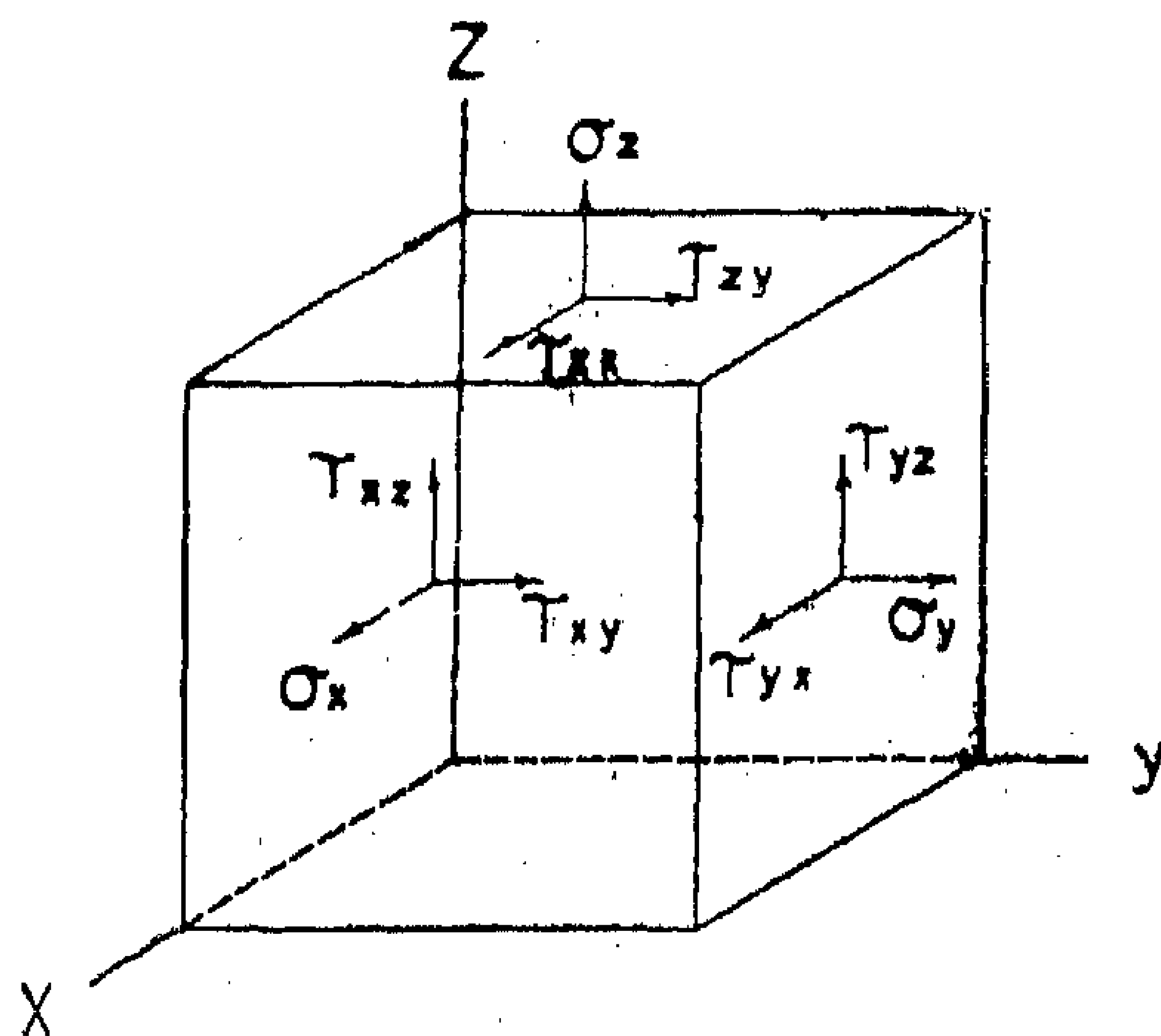


Fig. 1

As a generalization of the classical theory it is assumed that the sides of the cubic element are in addition subjected to couple-stresses, shown separately in Fig. (2).

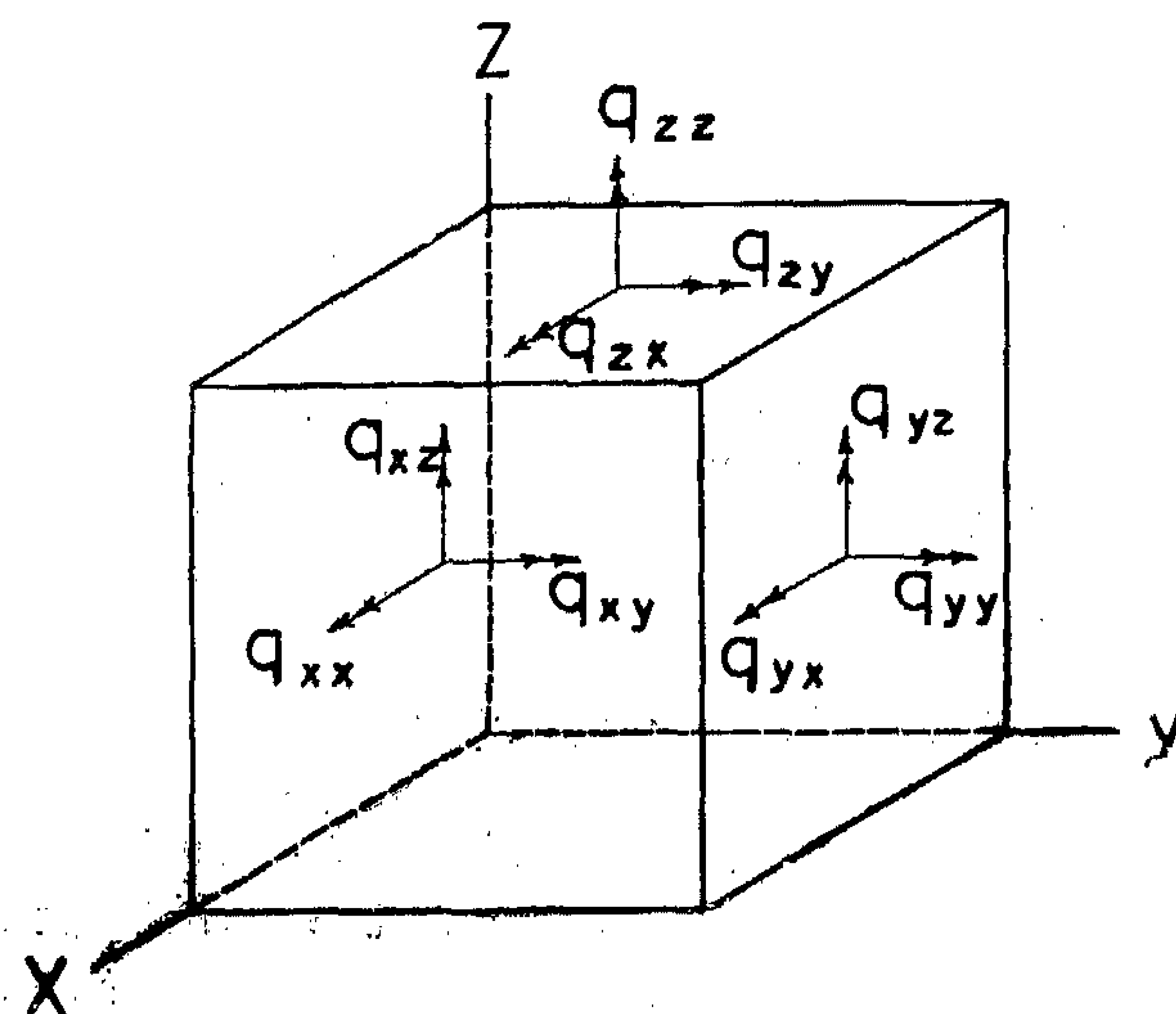


Fig. 2

4. *EQUATIONS OF EQUILIBRIUM :*

The differential equations of equilibrium for the case of couple-stresses are :

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = 0 \\
&\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} = 0 \\
&\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = 0 \qquad (1) \\
&\frac{\partial q_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial q_{zx}}{\partial z} + \tau_{yz} - \tau_{zy} = 0 \\
&\frac{\partial q_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial q_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial q_{zy}}{\partial z} + \tau_{zx} - \tau_{xz} = 0 \\
&\frac{\partial q_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial q_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial q_{zz}}{\partial z} + \tau_{xy} - \tau_{yx} = 0
\end{aligned}$$

The first three equations are obtained from the consideration of equilibrium of forces and the remaining three from the cossideration of equilibrium of moments.

We will now limit our investigation to the case of plane strain. Equations (1) now reduce to :

THE NOTION OF COUPLE -STRESSES

By

Dr. FAROUK O. FAHMY SHAHWAN
Assistant Professor, Faculty of Engineering
Ein Shams University, Cairo.

1. *INTORDUCTION :*

In a theory of deformation of a continuum discussed by Voigt (1) in the nineteenth century and developed by E. and F. Cosserat (2) in 1909, the couple per unit area, acting across a surface within a material volume or on its boundary, was taken into account in addition to the usual force per unit area. This notion of "couple-stress" has led to what is sometimes referred to as couple-stress elasticity. This may be considered as a generalization of the classical theory of elasticity where couple-stresses are not considered. The Cosserat brothers did not extend their theory and a general lapse of interest befell the theory as no practical importance was forseen.

Lately several investigators (3 to 8) have taken up the theory as many evidences have drawn attention to the need for a more general theory of elasticity. For example interest in dislocation theory has led to a reinvestigation of the sufficiency of the classical theory of elasticity. Couple-stress elasticity may become practically important in microelasticity such as bonding layers or composites based on use of microfibers suspended in a matrix filler.

The main difficulties at present are the unavailability of real materials which show clearly the effect of couple-stresses (8), and the rather restricted number of complete solutions of elasticity problems using couple-stress theory.

The present paper gives a rather complete derivation of the basic equations of couple-stress theory. Complete solution for a number of plane strain problems are presented. The mathematical difficulty in obtaining solutions for other than simple cases may be realised. This may be one of the reasons of disinterest in the theory for so long.

2. *NOTATION :*

The following symbols are used. Any symbol not listed is defined where it first appears.

x, y, z	= Rectangular co-ordinates.
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	= Normal components of stress parallel to the x, y, and z, axes.
$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	= Shearing-stress components in rectangular co-ordinates.
q_{xx}, q_{yy}, q_{zz}	= Couple-stress components (twisting) in planes parallel to planes yz, xz and xy.
q_{xy}, q_{yz}, q_{zx}	= Couple-stress components (bending) in planes parallel to planes yz, xz and xy.
q_{yx}, q_{zy}, q_{xz}	= Couple-stress components (bending) in planes parallel to planes xz, xy and yz.
$\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{zz}$	= linear strains in the x-, y, and z- directions.
$\xi_{xy}, \epsilon_{yz}, \epsilon_{zx}$	= Shearing strain components in rectangular co-ordinates.
$\omega_x, \omega_y, \omega_z$	= Rotations about axes parallel to the x-, y- and z- axes.

future projects. For example, studies may be directed to certain industries in all their levels from the workers to the scientist and in all stages of economic and technological growth. For, however competitive advanced countries may be in international trade, and even though the developing countries may endeavour to enter such fields, these studies are still useful in regional and international planning.

3. *Regional projects for the development of human resources.*

Among such regional projects that have to be co-ordinated and organized among different nations in order to carry out certain plans in certain regions, the following might be considered :

a) Publishing and documentation centres to exchange all experiences, methods and ideas in education, training and research. Translations and summaries should play a vital role so as to adapt to the national regional language.

b) Model educational and training units that suit the economic activities in certain areas could be established in a form like the University of Labour.

c) Institutes for research and development to study the problems of planning and developing of manpower, in a co-ordinated plan that aims at the exchange of international experience. It should appoint a particular problem to every region, then it should follow up these problems in a complete comprehensive way. The topics of such problems may include : stepped grades of skills, exchange of pedagogical experiences, problems of vocational guidance and selection, improvements in productivity.

d) The distribution of available grants and opportunities for on-the-job training, the holding of seminars on a regional basis, as well as on the international level, to ensure that all countries participate and benefit. It also gives a chance to advanced countries to carry out their responsibilities vis-à-vis the developing countries.



CHAPTER VI

RECOMMENDATIONS ON THE INTERNATIONAL LEVEL

The retardation in awareness of the developing countries towards the importance of its human resources is a reflection of lack of such awareness in the world at large, and in the advanced countries in particular.

The role of financial and natural resources was over-estimated, over-stressed and was awarded primary importance in development policies and programmes. Whereas, no growth could be achieved unless a trained and a specialized labour force is made available.

The development of human resources differs from physical planning and production in the following aspects :

a) Manpower development requires a longer period of preparation, training and actual experience than any industrial project could require.

b) Human resources differ from physical resources in that the former are not replaceable, storable or purchasable, but it could be developed if a favourable environment and good training are made available and if man's capailities and skills are challenged and if he is properly motivated.

c) While products fail from their weakest components and wear out in their fast moving items, the manpower structure collapses from its key components that call for more attention due to their multiplier effect.

Therefore, only a very hasty preview could consider investment in human resources secondary to investment in physical resources. Developing countries interested in raising the standard of living of their people and especially those who consider development planning a matter of national urgency, should assign to their manpower plans higher priority over other development projects. This would provide man with the opportunity to exploit natural resources.

On the basis of the preceding facts, the following is recommended in the international sphere

1. *International body for planning and development of human resources.*

This suggestion should not be interpreted as just the addition of another international body to the existing ones, but it is meant to co-ordinate between the different efforts exercised by the international organizations in a field that did not get sufficient attention or the appropriate consideration, and where a variety of programmes and projects exists.

This international body should depend rather on a chosen few who should act as the head and guiding force for all other organizations engaged in the critical areas of manpower needs by developing countries. The advanced countries will benefit from this agency in its conservation of effort, time and resources, and also through sharing of experiences on an international level.

2. *Gathering International experiences.*

International organizations should gather all experiences and methods that were brought up by all nations as a guide in their

of its investments and facilities to the training of individuals, thus trying to reach the high standards of the ever moving advanced nations.

3. *Productive training.*

Every training should have a productive orientation, not to acquaint the individual with the meaning of economy and making him used to it, but to decrease the expenditure in training and education, and to give the State or the enterprise the opportunity to regain some of its expenses.

This attitude should have a general and collective type either in training centres, technical schools or universities, or military service — which is a big training school.

4. *Limiting waste and increasing the efficiency of utilizing available resources.*

This category represents a big number of instructive ideas which call for the avoidance of waste in all its shapes and striving to increase the productivity of education in all its stages. Some examples are as follows :

a) Theoretical higher education should be limited because it re-inforces unemployment.

b) Repetition which is inescapable in some stages of education should be avoided.

c) Designs for educational and training units should be studied carefully to generate the highest return from the investment.

5. *The Agency responsible for planning and development of human resources.*

Such expanded and many-sided plan relating to all the economic sectors would be hindered if a good progressive agency was not available to carry it on and follow it up step by step. This body must direct and plan ahead of the development projects, in order to provide the required manpower in the proper time and place, and it must also create employment opportunities that correspond to the individual skills, reached through training and education.

This task is the responsibility of the Council of Ministers. However, if the tasks and responsibilities of the Cabinet are taken into consideration it seems obvious that it will not have the chance to study plans for full productive and freely chosen employment and, therefore, it is important to delegate this responsibility to a Ministerial Committee for Manpower assisted by a Central National Agency. The Central Agency would follow up the planning and development of human resources, and would also guarantee the execution of short and long term procedures and programmes ; co-ordinate the work of different Ministries and their machineries ; follow up efforts in both the private and public sectors, and establish success indicators to reinforce strong points and correct weaknesses.

No one doubts now the necessity to carry the burden of planning preparation, co-ordination and follow up in the field of manpower in order to achieve the goals of economic development plans. The responsibility for progress requires that priority should be assigned to the planning and development of manpower in the developing countries.

the worker to control his time, effort and production by more knowledge and the exchange of experience.

5. *Wage Differentials.*

The society can be very effective if it deliberately creates proper wage differentials. In this way, it will attract the individuals towards the professions which are mostly needed for development or the areas where manpower should move.

Using the system of wages applied in developed countries, or leaving the wages without proper planning, is not suitable and does not coincide with the proper use of the labour force.

6. *Respect of manual work.*

The State should struggle against the dis-respect of manual work and should encourage its respect, and make it appealing to its youth and adults in the different stages of education and work.

7. *The discovery of abilities.*

Abilities differ among individuals according to physiological, psychological and hereditary factors, but to date no test has given absolutely reliable results on this point. There is an accepted opinion between East and West about the importance of helping man throughout his life to discover himself, by educating him and subjecting him to the different aspects of polytechnical sciences and prevailing arts. He should be informed about the professions and skills which have a close relationship with his society, in the hope of helping him to choose his future and face the responsibility of his decision.

8. *The stage of military and national service.*

This is a decisive stage in the life of the citizen, and if it is properly used and directed and if its experiences are connected with what was gained before, it will prove beneficial in directing youth to a continuous career.

9. *Horizontal and vertical labour mobility.*

The aim of all kinds of mobility is to avoid the effects which come from economic and technological change or the inability to plan properly.

It is possible to start by directing the scarce skills to the major activities taking into consideration their proper distribution and utilization. This stould be followed by the expansion of training plans and making them so effective as to fight the after effects of technological change and labour surpluses, in order to improve labour productivity.

10. *A national plan for vocational guidance.*

The programme of this plan should aim at changing society's attitude towards vocational and technical work, by raising their appreciation and respect for manual work. To achieve this plan, all the different communication media should be utilized, besides the expected technical guidance from the educational and productive units.

IV — THE POLICY OF PROPER FINANCING AND INVESTMENT

1. *The investment in human resources.*

The policy of proper financing and investment represents a daring challenge to the ability of the State in specifying the priorities and directions of investment. Therefore, a developing country should give its educational training and research policies sufficient funds to make for the loss of time and to enable it to follow up the march of progress.

2. *Full participation.*

The way should be open for all kinds of constructive co-operation and all means for helping its implementation and the increasing

b) The University and local research centres should be reinforced by equipping new laboratories and providing additional teaching staff. The research work should be directed to what is useful to the productive sectors and according to their actual needs.

c) Priority working problems which deter execution should be identified, and all efforts should be mobilized to solve them. Centralized facilities such as laboratories and documentation centres should be reinforced.

d) Foreign scientists and engineers should be invited for short periods to make use of their experience in research work or teaching.

e) The research worker must not be neglected after his return from his scholarship to his native country. He must find ready for his use a good scientific library, a complete laboratory, with all up-to-date equipment and material, and he should be financially supported.

6. *The written word and audio-visual aids.*

a) Translation, documentation and publication of all the experiences needed for development planning should be encouraged, especially in the technical and technological areas, and it is necessary to think of establishing a central agency to motivate and co-ordinate efforts.

b) If the inidvidual is properly influenced and his senses effectively utilized through audio-visual aids. which create interest and reach the mind through hearing and seeing, he will have more self-assurance and therefore improve and progress in his work.

It is impossible for the State to follow up progress in all educational and training stages depending on traditional means, and its efforts must be mobilized to initiate new methods that hasten the productivity of education under centralized supervision.

III — PROGRAMMES OF RATIONAL UTILIZATION

1. *The productivity of labour.*

The productivity of labour is the final and main goal of human efforts, and it is important that all efforts and programmes should contribute to the realization of this aim. It is important to realise this in the educational, training and development policy in pre-employment, on-the-job and off-the-job situations.

Honest competition should be encouraged and also the gains from a strong determination and close co-operation either on the national, regional or international spheres.

2. *Subduing the economy to man.*

Intelligent planning appears in the good selection of the projects that have a change of success as a result of the availability and capability of the work force in the different skill levels.

It was, therefore, important to view the investment projects on a sectorial or national level, and to analyse them from the point of view of manpower, as studying such projects from the point of view of material resources is not enough.

3. *Work Incentives.*

The direct and indirect incentives in work represent the dominant energy and the renewed force for urging the workers and motivating their abilities towards creation and a revolution against the past.

4. *Improving and developing the educational and training programmes.*

In order to follow progress, the development of educational and training programmes should be a continuous operation. This requires the analysis of the factors leading to the improvement of productivity, allowing

(ii) Instructional aids and audio-visual material should be used to reinforce the ability to learn and the capacity to acquire new skills, either inside or outside the training units, as well as teaching by radio or television, or by correspondence or through programmed instruction.

(iii) The full utilization of all in-plant capabilities and resources available, especially in additional shifts.

B — THE LONG-TERM POLICY

1. *The shift to technical and technological studies.*

The general education policy as well as the higher and University educational policies must attempt to shift gradually towards technical technological studies by concentrating on mathematics, science and various practical studies in higher education. The good elements should be attracted to vocational and technical training, and then upgraded through additional education, to reach higher levels through a strong base of practical experience.

2. *Science and Society.*

The individual should be re-educated and trained twice at least during his working life to keep pace with development. Therefore, it has become necessary to organize the school and the factory, so that each can become more effective in the formation and development of individual skills.

3. *Training : on-the-job.*

This should be well planned in varied forms of co-operative training that combine work with study, and which join a suitable portion of general education with another portion of vocational training or technical education, coupled with a further direct application in work.

4. *Solving the teacher problem.*

The following suggestions may lead to solution of the teacher problem

a) The teacher is the basic element in any training plan, and the efficiency of any educational or training field is measured by the effort to prepare more well-trained teaching staff.

b) To overcome the deficiency in technical teachers in a short period is to allow the most efficient to share their experiences with the rest to raise their qualifications, and to train the new entrants. The should be generously rewarded, both financially and morally, after contributing a fair share of their skills and experiences to those who need them.

c) In order to develop pedagogical work this requires the exchange of techniques and methods between working and training fields. Therefore, it is necessary to set up exemplary units for work and training according to which experiences are measured and developed. Regional and sectorial centres may control the development of educational and training methods, by being a part of a central institute which will mobilize all the efforts in the pedagogical and technical fields.

d) There should be a trend to unify the teacher and the instructor in one person within the University.

5. *Research and scholarship policy.*

The following recommendations may achieve improvements in this field :

a) The State is faced by an obvious deficiency in some fields as in individuals of the middle labour force whether in the field of specialized management, in technicians and highly skilled workers, or in technical teachers. The missions plan must seek to eliminate this deficiency, which might be in the form of collective groups to be sent abroad for practical training.

(ii) The plan combines work and knowledge, theory and practice and ensures the co-operation of all sectors.

(iii) It facilitates guidance of the individual to the most suitable type of work.

(iv) It helps to overcome difficulties of forecasting in planning, as the employment structure becomes quite flexible allowing shifts from one area to another, and among levels. It also allows for the upgrading of the total manpower stucture as a result of economic and technological progress.

(v) It encourages youth to start working earlier and thus re-directs them away from lengthy theoretical studies.

2. *Suggested reforms of the educational and training policies.*

Altering and reforming the educational policy is a costly process in terms of time and money, but on the other hand maintaining a wrong policy hinders all development plans. A major reform of educational policies must be accompanied by and co-ordinated with a short term policy designed to provide remedies needed to minimise the shortcomings facing industrialization plans.

A — *The short-term (Accelerated) Plan.*

This plan requires very fast and decisive action and depends on the following three elements :

1) *Determination of the critical skills.*

These occupations can be divided into three groups :

a) *The first group* Occupations that have a multiple effect on others. This group includes a limited number of skills and experiences, e.g. managerial, and it also includes some limited skills of a common or general nature, e.g. pedagogical skills in instructors or supervisory capacities in foremen.

b) *The second group :* Occupations affecting 'Stored Labour'. Expensive investments in machinery and equipment represent a "Stored Labour" of imported skills, and the role of this group is to keep this machinery and equipment in the best possible condition (i.e. maintenance and repair workers).

c) *The third group :* Occupations required in large numbers. This group represents occupations characterised by their large numbers and the variety of fields, e.g. metal working skills. The middle manpower is considered to be the weakest spot and, consequently, it should be given top priority in perference to all other occupational groups.

2) *Drawing-up the training plan.*

This is designed to realize the accelerated training programmes and to prepare young workers and re-train adult ones. Three channels of information must be tapped in order to determine and clarify desired skills and know-how :

(i) Review of available programmes and those in related areas.

(ii) Probing of the ideas of management specialists, working personnel aid educators.

(iii) Supplement shortages from external means.

3) *Educational staff and training facilities.*

Policies and methods of short-term training should aim at teaching everyone the knowledge and advanced skill in a co-ordinated and comprehensive fashion.

To remedy the expected deficiency in the training staff the following is suggested :

(i) The teaching material of each subject should be prepared in such a way by specialists that it does not leave much room (at this particular stage) for the personal initiative of the teachers and instructors.

3) The desire to create equality between those working in Government Administration and those in the industrial sector.

4) The reliance on simple forms of wages, and thus the least effective which depended on the type of certificate and the lapse of time and not on the importance of the job and the rate of production.

II. *The necessity to change the social outlook to practical work in life.*

What is meant here is the necessity to avoid the effects arising from the contempt with which people have looked down on practical work since the period of colonial domination.

III. *The importance of the belief in the necessity to raise productivity of labour.*

There appeared a trend calling for the concentration of efforts on the construction of new plants, supplying them with the equipment and manpower that would help attain the targets of production from the quantitative point of view, improvements in productivity would then come later. Yet this trend overlooked the following important factors :

a) The objective is not production in itself but to ensure the good quality of products and efficient production.

b) It is important to proceed gradually in implementing industrial projects to make sure that their resources will not surpass the skills and qualifications of the available labour force. Bottlenecks might also arise due to lack of materials or spare parts.

c) Importance should be attached to the rationalisation of productive employment. The objective should not be an attempt to employ excess graduates exceeding productive requirements in the sectors of production or services.

d) From the start it is necessary to attach due importance to the raising of productivity of labour.

IV. *The need for co-ordination between research policy and problems of industrialization.*

The following up of the policy of scientific research and missions abroad pointed to the need for co-ordination between research policy and the problems of industrialization.

II — RECOMMENDATIONS ON THE NATIONAL LEVEL

1. *National Classification.*

Unified national levels that could be used for surveys and prediction are not available for the U.A.R. and, therefore, two basic recommendations are offered :

a) A National Classification should be prepared to tie in the different productive sectors, covering the individual's whole working career, and allowing for all future avenues of progress. In the short-term plan emphasis should be laid on the modern sectors and the critical skills and occupations required for them. The classification could start with 150 occupations, that can be increased annually to reach 400/500 occupations in due course.

b) *Upgrading skill levels.* A new plan for the manpower structure and education levels should be made. It should start with the critical occupations necessary for development, and the plan should cover both educational and training elements (i.e. general and technical education, and on-the-job training) in such a way as to provide workers with all the help needed to move up to the highest levels.

The advantages of such a plan for a developing economy are as follows :

(i) Accelerated benefit is reached from the investment in education and training.

CHAPTER V

1 — *RESULTS AND PROPOSALS*

I. *Results revealed by the experience of the U.A.R. in industrialization from the angle of manpower development.*

1. *The necessity to create a manpower balance.*

The experience of the U.A.R. in the field of industrialisation has revealed the importance of creating a balance between manpower demand and supply and the shortage of leading skills impedes work and creates bottlenecks that directly affect productivity. A surplus manpower, in the form of hidden unemployment, under-employment or profusion of semi and ordinary skills, increases production costs and limits progress and competition.

The U.A.R. has faced such a situation due to basic factors, some of which are the following :

a) *Shortcomings in manpower planning* due to the lack of information that could have revealed the real requirements. Had a comprehensive overall view been achieved efforts could have been directed to solve the problems.

b) *The unsuitability of the structure of education and training* either as regards essential levels or required skills. This result is explained by the following factors :

(i) The importance attached to investment in manufacturing enterprises rather than to investment in people.

(ii) The lack of training-minded managgers at all levels.

(iii) The established attitude which led to general and higher education rather than to technical and vocational education.

(iv) The tendency towards academic and theoretical studies.

(v) The lack of co-ordination between those responsible for education and training.

c) *The rigidity of incentives.* The incentives were not as strong as they should be to provide the required skills and raise the productivity of labour. The system of wages could be criticised for the following factors :

(i) Academic qualifications continued to be more highly appreciated than skills.

(ii) Lack of wage differentials among different manufacturing industries reflecting differences of priority.

(iii) The limited differentiation between the skill levels in the same field which reduced the will to acquire training for further progress.

(iv) The lack of sufficient incentives at the upper level of employment which led efficient people to go abroad.

The rigidity of wage incentives was caused primarily by a decision to apply a unified wage policy, as follows :

1) To limit employment turnover that was caused by shortages in trained workers.

2) To rectify the great wage instability resulting from the significant discrepancy between the wages that existed on the free labour market, and the wages of newly employed workers.

national concern. But there should have been another classification based on concerted international efforts to specify the anticipated occupations and jobs and the levels of possible progress in this field according to the special conditions of the developing economies.

The following are two examples reflecting the international repercussions on local manpower and training plans. For instance, numerous ILO and UNESCO experts were sent to help in the same field without coordination of their efforts, and so is the case with experts from Western or Eastern countries. Their methods of reference were different, so were their technological practices, and there were no unified levels to reach or common objectives to attain. Similarly, the Ford Foundation and the I.L.O. offered aid for management development in one and the same field without any co-ordination of their aid.

As a result of the diversification of international efforts, priorities essential to manpower planning and promotion of the industrial labour force in developing countries are usually lost (such as programmes for the formation of technicians of the teaching staff from the pedagogical point of view, of middle management personnel in their different specialities, and the determination of the levels of occupations and jobs suitable for a developing economy).

Hence, it is necesssary to keep a record of all the efforts exerted at the international level and in developing countries. Experiences should be exchanged and presented in a new form that would help consolidate industrial progress and further economic development.

The recent publications of the CIRF contained information on how to fill this gap, though the only effort is that of the I.L.O.

CHAPTER IV

SURVERY OF LOCAL AND INTERNATIONAL EFFORTS

The United Arab Republic accepted all technical aid with no strings attached, and co-operated with all the countries of the world on the basis of non-alignment. Moreover, the U.A.R. made good use of the aid offered by the United Nations and its agencies. As an example the U.A.R. made an agreement with the International Labour Organization and the Soviet Union to provide technical assistance to the Vocational Training Centres administered by the Ministry of Industry. The ratio of man-months offered by the two groups was 76% : 24%. The Federal Republic of Germany offered help in the training of instructors while the Czechoslovak Socialist Republic helped in the training of technicians. The Ford Foundation as well as the I.L.O. participated in management development projects.

The variety of sources of aid offered to the U.A.R. led to beneficial results, in that they enriched the experience of the country's manpower. However, this also led to heightening the problems of co-ordination, for internation efforts and bilateral agreements usually reflect their own characteristics on national efforts. Local organizations are influenced by the technical assistance granted to the country, and by the foreign experiences to which they have become accustomed.

The multiplicity of programmes and of plans for study is due to the diversification of the sources from which those programmes and plans were taken, and the State was, therefore, faced with the existence of different trends trying to defend the procedures in force in all sectors concerned with training. Also, international efforts should have led not to slackening confidence and adding to confusion as regards the numerous and diversified experiences, but to analysing basic methods and principles. A free hand and flexibility should have been rendered to every country to choose its own methods on the basis of its economy and the level of its productivity.

Consequently, it can be said that the lack of clear perception in this field was partly due to the lack of co-ordination of the activities of international bodies, and to the fact that the advanced countries did not fully appreciate development problems and the prevalence of conditions and circumstances differing from what they were used to. Due to all this, the importance of manpower did not appear clearly enough to call for the co-ordination of aid palns and methods used, adapting them to the requirements of a developing economy.

For example, we see the Intenrational Labour Organization is concerned with one aspect of training related to apprenticeship and in-plant training, while UNESCO concentrates its efforts on another aspect related to the system of school education before employment. From the point of view of time, efforts and expenses it should be noted that a developing country cannot afford such repitition of these conditions and systems related to on the job and off the job. Again, this situation reduced the efficiency of international efforts and bilateral agreements on account of the diversification of systems ; some being related to job facilities, while others deal with educational policy. The co-ordination of such plans according to the requirements of a developing economy was essential since the very beginning to provide a good example for any country.

Another example is the international classification of occupations and jobs. The purpose of this is to facilitate comparison at the international level, and define the appropriate data on occupations and jobs of inter-

The creation of a body responsible for beginning of the industrialization plan contributed to further attention paid by industrial and productive enterprises to the problem of manpower training and the necessity to link it with productivity plans. Nonetheless, the efforts required exceed by far the resources mobilized at this sectorial level.

IV. The arrangements made to ensure consistency of manpower and education plan with the economic development plan.

The Ministerial Committee for Manpower assumes the responsibility of manpower planning and development at the highest echelon. The Committee gives aid and advice to the Cabinet. Among its members it includes the Ministers (members of the Cabinet) most intimately related to manpower and education. The Minister of Planning and the Rapporteur of the Permanent Secretariat of the Two Permanent Committees on Technical and Skilled Manpower — who is also a member of the Ministry of Planning — are members of the Ministerial Committee. Their presence ensures that the manpower plan will interact in harmony with the Economic and Development Plan.

V. Follow-up of the Manpower and Educational Plan.

The most conspicuous shortcoming lies in the failure to follow-up manpower and education plans. In fact, it is not sufficient to assign responsibilities to each body separately be-because the success of education plans is not only ensured by meeting the requirements of manpower plans, but also by reaching the maximum level of productivity. Hence, it is imperative to consult the indices of productivity to follow up their repercussions on educational programmes and, either in the field of youth formation, or management development, or management development, or upgrading of adult workers

The first duty of the proposed Central Agency is then to follow up the coherence of manpower and educational plans and find out their repercussions on productivity.

II. *Methods employed to arrive at estimates of requirements of managerial and technical personnel in the industrial sector.*

The methods adopted in evaluating the requirements of industry and assessing its needs at different levels vary according to the respective experiences of enterprises and industrial sectors. Among those methods are the following :—

1. Following up similiar needs in the foreign country from which this productive project or industrial enterprise was originally contracted for. However, this is not so easy, due to the fact that the levels of skill and the components of the labour structure in the advanced countries differ from that in developing countries. The solution, then, lies not only in the attempt to increase the number of workers by diluting the skills and breaking them down among a large number to reduce the training period and increase employment opportunities, but it is also to be found in guaranteeing the cohesion of occupational groups to provide complementary skills.

2. Projection on the basis of local past experience gained wtihin the enterprises or among similiar enterprises. The shortcomings inherent in this method are the difficulty to agree on unified levels of skills, as these might vary in different sectors relatively to common occupation. Moreover, it could be difficult to find the apprporiate criteria for typical occupations, due to differences in training methods and levels prevailing in the different enterprises or sectors.

3. Undertaking an aggregate assessment of the labour force in each industrial activity; in the light of the anticipated or approximate increase in the size or volume of production and the anticipated or approximate rise in productivity, as a preliminary step towards the assessment of the anticipated change in the size of employment. However, such assessments are usually hypothetical due to the lack of sufficient data on the levels of the present labour force and its actual structure.

4. Some educational and training units resort to forecasting on the basis of indicators revealed by experience or copied from foreign estimates, such as evaluating at least by 2/1 the need for technicians, as compared to engineers, and by at least 20/1 the optimum size of middle management as compared to upper management. The use of such indices is also applied to the policies of general education.

III. *The agencies and organizations responsible for the formulation of the manpower and education plan.*

There are numerous bodies responsible for manpower and educational planning. They are mainly concentrated in the Ministry of Planning, the Ministry of Industry, the Ministry of Education, the Ministry of Higher Education, and the Ministry of Labour. Thus, the Ministry productivity and vocational training at the of Industry through its apprenticeship system accelerated training and upgrading, endeavours to meet the manpower requirements of the industrial sector. Yet the industrial enterprises and manufacturing projects are usually forced to meet their requirements by acquiring the necessary skills available in the local market.

It could, however, be stated that the graduates apprenticeship centres supervised by the Ministry reached 4.830 in 1965 (and aimed at 13,00 by 1970). They filled a substantial gap in the country's industrial requirements.

But industry suffers from a shortage of technicians caused by the changing of technical institutes into higher institutes, graduating engineers — as previously mentioned.

CHAPTER III

NATURE AND CO-ORDINATION OF MANPOWER AND EDUCATION PLAN

1. The General Outlook.

The U.A.R. has adopted National Planning as a basic tool of economic development. The authorities have discovered relatively early the importance of providing the technically trained manpower necessary to the implementation of economic development plans, as it appeared in many cases that the shortage of such elements was, and remains, the main obstacle to the execution of the projects and to their effective operation.

Manpower and education plans are related to many bodies having to do with the formation of the individual, as well as his progress and motivation. To this extent they cover all State activities and actions, whether at the different stages of education or at actual training periods within the working life. The problem, therefore, has many angles and presents ever wider aspects that have to be encompassed.

It is now generally accepted that the drive resulting from capital inestment and foreign technical know-how cannot be ever-lasting and of real value, unless all national skills and high level manpower are effectively developed and redundant manpower is transformed into productive employment.

There are two radical changes which tend to occur as a result of subduing economic planning to manpower planning. The first is that manpower planning introduces new dimensions into the planning of economic development. The second change which may be made possible is the integration of economic objectives with employment objectives. However, manpower considerations may seriously affect economic development plans, because of the following reasons :—

1. It is easy to purchase equipment and build up factories, but it is difficult to provide skills and capabilities essential to industrialization, as the formation of the individual takes a longer time than the simple acquisition of equipment.

2. While material production breaks down from its weakest components, the key jobs have a multiplier effect on the whole occupational structure and, therefore, need more consideration and preparation.

3. It is more complicated to provide the necessary human know-how and skills than to provide technological experiences.

It was finally accepted that both elements (human and material) which complete the same planning process are considered together, and thus economic development will proceed more steadily and stably as it increases to become manpower and employment oriented.

Therefore, it was thought fit to plan education policies in the light of (a) a short-term one to meet the expected urgent needs and (b) a long-term one of forecasting and planning. To this end it is imperative to evaluate manpower requirements and levels in the short and long term policies. It was also proved that the preparation of required skills has no limits and the more skills there are available the better it is for industrial plans. Moreover, any suprlus manpower could be absorbed by and exported to neighbouring and friendly countries.

Among the reasons for the variations in these forecasts are :—

1. The lack of national classification of occupations identifying not only the titles but also the skills and knowledge needed in the main occupations.

2. While the N.I.P. concentrated on the whole economy the M. S. and the P.V.T.D. worked on the basis of the public sector. The public sector, however, varied in volume between 1962 and 1965 where further nationalization took place after those of 1961.

3. While N. I. P. depended on long term methods of forecasting both the M. S. and the P.V.T.D. followed rather short and medium term methods. This led the N.I.P. to concentrate on major groups while the M.S. and the P.V.T.D. studied the estimates by occupation and level of skill.

   While the N.I.P. followed the international standard classification of the economical activities and industrial sectors, both the M.S. and the P.V.T.D. followed a local classification that was designed to meet the existing and needed skills of the labour force.

IV — *Industrial Manpower Structure.*

1965.

Major shifts took place in the U. A. R. economy between 1960 and 1965 which led to radical changes deeply affecting the industrial manpower structure. The first 5-year economic development plan was in full swing, calling for an investment of L. E. 445 million in the manufacturing industries. This investment led to an average annual growth in industrial value added of 8.5%, one of the highest in the world. The industrial labour force grew from 600,000 to 825,000 workers in the five year period, representing 11.2% of the Egyptian labour force in 1965. As the development progressed, the public sector was greatly enlarged by massive nationalization to cover the bulk of the medium and large indutrial firms. Moreover, the State took on itself the responsibility of employing all those seeking jobs regardless of the skill level. This policy helped inflate the ranks of the industrial labour force especially in the clerical and unskilled workers categories.

The greatly felt need for technicians and skilled labour, however, led to major efforts in the training and formal education fields to accelerate the process of industrial skill formation. The gap between demand for and supply of skilled manpower still persists, though surpluses in the clerical and high level manpower groups continue to pile up. But the great training efforts and — more important — the manpower minded outlook and training consciousness represent alone the major shifts taking place in the industrial skill structure, which will be greatly felt in the very near future.

knowledge of operations performed, ability to judge, high manual dexterity and considerable responsibility for important and valuable products, machines and tools. Machine tool operators and setters, tool makers, welders, spinners and weavers are examples of this category. The 1960 population census does not state the number of skilled workers as such, but it did present a variety of the following classifications that may be explored to infer the number of skilled, semi-skilled and unskilled workers :

a) Level of Education as a measure of skill.

An admittedly inadequate measure of skill, educational achievement, was used to roughly estimate the percentage of skilled and unskilled workers in the different industries. At the outset an attempt was made to consider all industrial workers who are illiterate or who can read and write only as unskilled, and those with a preparatory or secondary education as skilled, but such classification yielded insignificant results.

Subsequently, illiterates and people who could read only were segregated from those who could read and write. This yielded ratios varying from 26 % to 65 % representing "skilled" or "semi-skilled" workers to the total labour force.

b) Length of service as a measure of skill.

The population census classifies workers according to length of service (as a measure of experience), but this is inadequate since it could not be coupled with educational attainment. As the figures represent workers 15 years or more, 5 years of service was used as a cut-off point to determine the degree of skill, i.e. people with less than 5 years of service were considered unskilled.

c) Wage rates as a measure of skill.

Classification of industrial workers into wage level categories may present a useful indicator of skill if some of the wage rate productivity and degree of skill is hypothised. This is difficult to attain for the lack of a stable labour market mechanism where there is a certain relation betwein supply and demand. The present data includes workers engaged in several occupations in a vast range of firms that differ in size, capital intensiveness, type of ownership and organization.

Using wage rates as an additional indicator, skilled workers were considered to be those who recieve more than P.T. 500 per week, semi-skilled workers those who receive more than P.T. 175 and less than P.T. 500 a week and an unskilled worker who receives less than P.T. 175 a week. From this classification it is clear that the proportion of unskilled workers ranges between 1% in the Petroleum sector, for example, and 50% in paper industry and other unclassified industries.

III — Future Projection

The Manpower Secretariat that has been taken in the projections of future manpower requirements. They show clearly the need for more co-ordination and basic standard levels that will help to differentiate the varied skills in the jobs and occupations met in the industrialization process.

The Manpower Secretariat that has been founded since 1961, the National Institute of Planning, and the Productivity & Vocational Training Department of the Ministry of Industry were among the organs who tried their efforts in these fields.

The results obtained from all these forecasts cannot be perfectly compared nor can they define within a reliable accuracy the needs in manpower by occupation. However, all these trials confirmed what experience had shown about the lack in the middle manpower, representing technicians, foremen and skilled labour force.

In 1960 managers represented 1.36% of the total industrial employment and the ratio varied significantly among individual industries, being as low as 0.43% in wood and paper and 0.39% in apparel and footwear industries, while it was quite high in the chemical industry (2.3 %), rubber (2.25%) and beverages (3.69%). There again the largest percentage of managers was concentrated in the largest and most capital-intensive industries.

2. *Engineers.*

As of 1960 only 15 % of the engineers and architects were engaged in the manufacturing industries, while 53 % of them were engaged in the service sector (which includes Government administration). Such distribution of a most vital resource only serves to highlight the mis-allocation of human resources, prior to the embarkation on the five year plan, and the expansion of the public sector after 1960.

Within the industrial sector itself again the chemical, petroleum products and basic metals industries show the highest ratio of engineers in their over-all skill structure.

3. *The Clerical Occupations.*

The definition of this category is not always clear. Clerks basically engage in the processing of information and the keeping of records and constitute the bulk of the lower white-collar jobs. In the U.A.R. the clerical occupations were always expandable to accommodate the thouands of unemployable graduates of the school system. In consequence, the education level of the personnel engaged in clerical occupation varies from the higher to the intermediate and even to the lower levels of education.

In 1960, 47.5% of all clerks had twelve or more years of education, but only 3 % had a University Education. Certain categories of clerks possess skill such as trained stenographers, typists and book-keepers, and this group is in great demand in contrast to other clerical positions. The ratio of clerks to the total employed varies among individual manufacturing industries, ranging from 11% in the chemical industry to 0.7% in the wood and paper and apparel and footwear industries.

4. *Technicians.*

Technicians occupy jobs that fall between those of the higher technical and scientific occupations and the skilled labour occupations (including technical laboratory assistants, draughtsmen, supervisors, foremen, etc.). This is a most critical occupational group, and those persons engaged in such occupations possess a combination of a minimum of middle education, technical training and job experience.

The 1960 population census data did not specify the number and distribution of technicians as defined, but researchers at the National Institute of Planning of the U.A.R. made a rough estimate, noting that the ratio of technicians to the total labour force does not vary considerably among industries.

It is highest in chemicals (5.2%), basic metals (4.5%), and apparel and footwear (4.4%), while it is lower in wood and paper (2.5%) and leather and rubber (2.7%). Unpublished data made available by the Ministry of Industry for 1965 shows the ratio of technicians and foremen to the total labour force to vary from 3.4% to 13%, but these figures are not in any way comparable to the N.I.P. estimates.

5. *Skilled Labour.*

Skilled labour is a most important resource that increases in importance as the economy in general and the industrial sector in particular grows and develops. Skilled labour occupations can be defined as those occupations that require comprehensive

efficiency. Surplus graduates are increasingly turned to the service sector for employment. Thus, it is still useful to study the relative distribution of H. L. M. among the different economic activities. This brief look into the aggregate H.L.M. group will be followed by a separate consideration of such special categories of H.L.M., namely : Managers, Engineers and Scientists.

The ratio of engineers to the total economically active H.L.M. did not exceed 3.8% in 1960 (whereas in 1947 it constituted 13.8% and 16% in 1937), and this is a result of unplanned educational expansion that has taken place since the late 1930s, leading to an excess of those educated in the arts and law and a shortage in all technical skills. In 1960 of those engaged in economic activities 56% were qualified teachers and civil servants, 13% managers, 18% of the critical professional occupations (engineers, scientists, accountants. etc.) and the rest in the services (such as medical doctors and lawyers).

2. H.L.M. in the Industrial Sector.

In 1960 only 8% of the total H.L.M. was employed in the manufacturing industries, and the ratio is even less for University graduates as only 4.6% of them were employed in the industrial sector in that year. Wholly 70% of all H.L.M. was employed by the Government in the service sector of the economy in 1960, and this confirms what was stated earlier, i.e. that prior to the expansion of the public sector in industry most H. L. M. was engaged in the Government bureaux and was partially released to serve the manufacturing industries after 1961. As a consequence H.L.M. intensiveness, i.e. the ratio of H. L. M. to total industrial manpower, was only 5.2% in 1960 as compared to the rnaks of top managers, where no tion, and 55% for the social services.

Within the industrial sector, the ratio of H.L.M. to the total labour force varies greatly among industries. Petroleuu products and the chemical industries are the most H. L. M. intensive, with ratios of 21 % and 17 % respectively. The least H. L. M. intensive industries are those of woodworking (0.7%) and apparel and footwear (0.9%.) However, it is the largest, most capital-intensive and fastest growing industries that are also the most H.L.M. intensive as well. Yet the fact remains that by 1960 only a small proportion of the H.L.M. was engaged in the manufacturing industries. The bulk of H.L.M. was misallocated and under-utilized in the service sector.

1. *Managers.*

Managers are those people who occupy the top ranks in the occupational hierarchy in industry, and have the right to make decisions and set policies at different levels. They constitute a most critical resource for the whole economy, especially in developing countries where the industrial leaders lack the aid of qualified assistants and junior executives available in the more advanced countries.

In the U.A.R. the ranks of middle managers are thinned by their early upgarding to the ranks of top managers, where no qualified replacements are available, and as the rate of industrial expansion becomes high managers must be drawn from other sectors and cannot be seletced from the ranks by promotion alone. In the U. A. R. they have to be drawn from the Government bureaux, military services and the University professors. Some have been successful and adapted themselves quickly, which is not always easy or feasible.

Qualified managers are a most important resource in the manufacturing industries. In 1960, 11% of all those of managerial occupations were engaged in the manufacturing industries, but most of the industrial managers (before the nationalization measures of 1961) were not of the H.L.M. category. Only 17% of the business managers in the private sector in 1960 had a Universtiy education, whereas a survey made of the managers in the public sector in 1962 showed that 94% were University graduates.

hindering industrial growth and severely reducing its efficiency. This necessitated many engineers acting as technicians, or semi-killed workers being entrusted with jobs that should have been staffed by far more skilled operators.

Great efforts were made by the Government to remedy the situation. Major changes in the educational system took place to provide for greater concentration on vocation and industrial training at all levels, but nevertheless the industrial structure remained fairly lopsided.

This topic will be discussed at length in the other chapters, for at this stage it is our concern to explore the factors leading to the present lopsided industrial skill structure which helps explain the present efforts made and the future course of action.

The Government has always assumed the responsibility of providing employment to all educated and employable workers, but this responsibility was greatly extended as the socialist measures were adopted in 1961. The U.A.R.'s newly adopted Arab Socialism proclaimed a society of sufficiency and justice to all. This was interpreted to mean full employment, and to increase wages to raise the workers standard of living.

Accordingly, large numbers of unskilled and semi-skilled workers, clerks and University educated employees were added to the ranks of industrial manpower increasing its lopsideness. This was done, however, to fulfil the social obligation acknowledged by the Government.

3. Survey of present skill structure.

Earlier neglect of technicians and skilled labour is manifested by the total lack of data on technicians, skilled and semi-skilled workers before the 1960s. Workers were classified according to educational achievement, profession or craft practiced, wage level and type of work. Since 1960 several attempts have been made to estimate the supply of and demand for technicians and skilled and semi-skilled workers in the manufacturing industries, but the lack of strict comparability and the varying degrees of accuracy in these estimates reveal a great weakness in the reporting system that stems from the relative newness of the problem of skilled manpower, and which requires quick remedial action.

II — Industrial Manpower Structure 1960.

In 1960 a most comprehensive nation population census was taken in the U. A. R. Its figures cover a large number of industries and provide a vast array of population and manpower data, yet it fails to provide explicit quantitative information on skill levels below those requiring University training. One can discern, however, the following observations regarding the different categories of manpower :—

1. High Level Manpower.

This category of manpower combines the scientists, the engineers, the managers, the political leaders and the teachers. Industrial H.L.M. is assumed to include these as well as other professionals and technicians.

The ratio of H. L. M. to the total labour force engaged in any sector is considered to be a measure of its producticity. However, this assumes that all those of the H.L.M. category are economically and not under-utilized or misallocated. Such an assumption is not wholly valid in the case of the U.A.R. where the majority of the H.L.M. category are employed by Government decree upon graduation from school.

The mere employment of H.L.M does not necessarily mean that such a valuable resource is utilized effectively, nor that it contributes to the improvement in industrial productivity. However, this changing as the Government recognises that its social commitments to the graduates of higher learning institutions should not lead to the deterioration of industrial

CHAPTER II

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF EXISTING AND FORECASTED INDUSTRIAL SKILLS

I — *Evaluation of Industrial Manpower Structure.*

1. Past Changes in Industrial Structure.

The present industrial structure is the result of historical development a combination of recent changes affecting the whole economy of the U.A.R.

Modern manufacturing industry goes back to the 1930s but, despite a short-term spurt during the second world war, the industrial sector experienced very little growth until the mid-1950s. Industrial value added did not exceed 8% of the Gross National Product before 1955, and industrial employment represented less than 10% of the country's total. Textile and light agricultural industries pre-dominated. The Corporate form of enterprise was rising in importance, but the vast majority of manufacturnig firms were small, privately owned and unskilled or semi-skilled labour intensive enterprises. Thus, until the late 1950s the industrial sector did not attract high or medium level manpower, as people with more than twelve years of formal education perferred government employment mostly as clerks or teachers. This was partly due to the fact that the small, inefficient and almost stagnant manufacturing sector did not present attractive opportunities to the educated, and the educational system itself reinforced the negative attitude towards manual technical work, and geared itself to the "production of white collor government officials".

There was little provision for the formation and planned development of skilled manpower, but nevertheless no critical shortages were felt since very little growth was experienced in the industrial sector. In fact, private capital formation in the manufacturing industries dwindled between 1950 and 1960 when total private investment fell from L.E. 112 millions in L.E. 39 millions in 1956, while public investment grew from L. E. 22 millions to L. E. 66 millions in the same peroid. Also in this period the Government spared no effort to encourage private initiative industry, but as all such measures failed to raise private investment in the formation and development of physical and human industrial capital, the Government started to step in.

2. Recent Changes in Industrial Structure.

The late 1950s and the advent of the 1960s witnessed major changes that profoundly affected the industrial sector. Firstly, public enterprises were created, and then massive nationalization of industrial enterprises was carried out in 1961, making the public sector predominant in all respects (employment, wages, investment, production, etc.). Government ownership was coupled with massive investment in the manufacturing industries, and both the numbers of factories and capital intensiveness of the methods of production were increased. In addition, a major shift from light to heavy industries was rapidly taking place.

These major developments led to the creation of a large demand for industrial manpower of all categories, and the demand of managers, clerks, sales employees and even engineers and scientists could be relieved by transfers from the old government offices. However, critical shortages appeared in the ranks of technicians and skilled workers, as these could not be supplied by the government departments, and could not be found in sufficient numbers and of the desired skills to staff the expanding industrial enterprises. This led to bottlenecks,

4. Arrangements for establishing close links between the development activities of industrial establishments and the efforts of the education and training organizations.

The first and ultimate goal of any policy aimed at manpower formation is to raise the productivity of labour and ensure the harmonious interaction of the factors governing productive efficiency with educational and training programmes. Therefore, the tendency is to consolidate ties between industrial enterprises (among both the public and private sectors) and educational and training centres, aiming at exchanging and disseminating useful experiences, and also to analyse and prevent common errors.

5. The role of foreign industrial enterprises in training.

The State welcomes any efforts on the part of foreign investors contributing to the formation of industrial skills, and among the methods used by some industrial enterprises where foreign capital is participating are:—

a) The training and formation of selected national workers working side by side with foreign employees, so that they may replace them after a given period.

b) The sending of workers to foreign industrial enterprises and training units abroad to acquire additional skills under better conditions.

c) Inviting foreign experts to instruct national workers, and to advise on matters relating to prodcution.

It is worth noting that foreign investors usually pay less attention to training because of its far effect return, and rely mainly on their own experience and personnnel.

balance between a limited available manpower and surplus employment opportunities, which will lead to over-bidding on the labour market and to pirating others efforts. On the other hand, State control over wages and incentives limits personal initiative in work, and it is accused of bureaucracy and rigidity if it does not relate to the elements of production and productivity within each enterprise. It is hoped that new developments and progress will be achieved in the coming years. The State has lately approved a new scheme of incentives for innovation, rationalization and superiror performance. This allows payments of rewards ranging from 0.5% to 16.7% of the State income within a ceiling of L.E. 5,000.

It is necessary to draw a sound policy to promote technical and vocational guidance. Such a policy would be based on effective material and moral incentives, having a direct impact on the individual in the school, in the factory, in rural and urban areas, in the home and within the community. Incentives would favourably affect both youth and adults, and be capable of influencing all the classes of society making them appreciate the value of manual labour, technical and vocational training, and likewise University and higher education.

3. Incentives to induce industrial establishments to operate their own training programmes and facilities.

The U.A.R. is now in an experimental and transition period in the field of socialist management of industrial enterprises. New trends indicate an increasing reliance of the enterprise on itself in all its needs, and to this end elected representatives of workers participate in management to foster relations between the administration and the workers. Moreover 25% of the enterprises' annual profits are to be set aside for distribution among the workers. The purpose of this distribution was to encourage the workers to increase their productivity.

Enterprises have come to realise the importance of providing more and more training, both for workers and managers (especially the elected members of the board of directors) to increase their share of direct profits and services, and this could only be achieved through in-plant training at all levels. Besides this, indirect incentive payment by results (the most direct incentive) is not fully applied yet. There is not more than 20% of the total labour force paid in this way, and the main reason for this is the necessity for further work studies before its application and generalization.

Tho State was of the opinion that this training task will not be implemented satisfactorily unless there is a co-operative action within the regions and sectors, aiming at the exchange of experience and training facilities under the guidance and supervision of a centralized manpower and training authority. This might mobilize all resources and increase the the training concept, and some of the proposals made in this respect could be summed up in the following :—

a) To call upon companies and industrial enterprises to participate in the training expenses of its workers.

b) To get those who have skills and knowledge to share the responsibility of training, in order to solve the problem of shortage in the teaching staff, provided that each of them is granted a compensation after assuming a definite task.

c) To make trainees contribute to their training expenses.

for vocational training. However, there are lower levels :—

- Students who have completed compulsory education, i.e. 6 years with high levels within 43.3 % and other higher levels.
- Students who have completed secondary education, i.e. 12 years of general education.

There is a growing tendency not to admit any more students who have not progressed beyond the primary education.

B — *EVALUATION OF THE POLICIES AND MEASURES IMPLEMENTED TO DEVELOP INDUSTRIAL SKILLs.*

Education and training with its means and ways cannot alone provide the appropriate supply of manpower : they have to be accompanied by many complementary policies and measures supplementing education and training plans. The following is a survery of present policies and measures, and an analysis of their present and future prospects.

1. *Arrangements for co-ordination between educational and employing institutions.*

In May 1962 the National Charter stressed the importance of putting education at the sevrice of society, in the sense that the aim of education should be to meet the basic requirements of society from the quantitative and qualitative points of view. Educational programmes and course contents, as well as the relationship between educational and training units at all levels — and employment and economic sectors profiting from their efforts — are undergoing re-examination and change to attain the objectives embodied in the Charter. It has been proved that constructive contacts and mutually beneficial interaction between the school and the enterprise cannot take place unless there exists a perseverant and constant guidance.

To assume such responsibilities the implementation of such policies should rest with a central body for planning and developing manpower in such a way to guarantee the highest productivity and optimum efficiency.

2. *Methods of guidance and incentives to join industrial activities.*

The legislation has attached great importance to moral incentives ocnsidering them more important than material ones. Inspite of the good effects of moral incentives they would be more effective when they are accompanied by material incentives. The human being needs a programme of stepped basic rights starting from food, clothing and housing to others. Among moral incentives the following could be cited :

1. The participation of workers in the management of their enterprises, and the allocation of at least 50% of seats in local and legislative assemblies to farmers and workers.
2. The limitation of high incomes and the expropriation of exploiting owners (whose properties exceed a given limit) to the benefit of the people. This is considered as a recognition of the worth of productive labour, and to put an end to dependence on inherited income from an unreliable source.
3. Free education at all levels, unemployment allowances and insurance.
4. Increasing the security and stability of labour by restricting negative incentives.

Incentives should have been designed to motivate joining difficult occupations, to working in far away places and to joining the main industrial sector, instead of the civil service and other economical sectors.

Developing countries may linger in their development plans if they do not proceed properly in planning a wages and incentives policy, as without such a planning they will find themselves helpless when faced with the im-

4. *Period of study of University trained engineers and percentage of the study period spent upon practical training.*

Engineers graduate after five years of study, and the percentage of their study devoted to practical traninig during this period should be 10% — 15%, but due to limited facilities this was reduced to a voluntary 4/6 months practical training during the summer vacations.

The State imposes special assignments — "Takleef System" — to engineering graduates trying to meet their wishes with the required jobs. But the new engineer does not usually remain in the assigned job, because his studies have not followed the speciality he might encounter in his future job. However, the Takleef System will probably be discontinued by the Government, which will return the engineers to the labour makret and will encourage companies to offer incentives and provide scholarships to attract and to employ the engineers they have helped to train.

5. *In-plant or in-service training of employed engineers and administrators.*

It has been proved that inplant training represents a potential even greater than that of formal education and training units, yet no use can be made of it as long as the adequate training awareness is missing. Moreover, the formal training units fail to acquaint themselves properly with factors related to employment institutions and industrial activities. Despite this, some companies and enterprises send their employees for courses in selected training institutions, or send them abroad on training missions, and Universities are establishing higher institutes attached to the concerned industrial activity to upgrade the new graduates, technicians, engineers and managers, in order to keep pace with technological change and development.

6. *The training of technicians.*

Universities have never been responsible for the preparation of technicians, because they concentrate on the highest educational levels. The technical institutes have tried in the curricula to form technicians of two levels ; those of the first level were to follow two years of studies, then a year of technical training (mostly in foreign countries). Then they nad to study for two additional years to reach a higher technical level in the same technical institute, but after a short period these institutes turned into high institutes giving university degrees. This wrong decision was accepted as the price of a transition period, where the real components of the engineering group were not recognized, as well as the important place of the technician in the engineering ladder.

It appeared that studies at the first of these two levels can never provide the adequate technical training, if they are to be completed by further studies to form engineers, as education at this level tends to concentrate on basic theoretical subjects rather than on technical or applied and practical ones.

7. *In-plant traning for technicians.*

Industry is confined in facing her needs for technicians to technically upgrade only her skilled labour force by every possible means, whether by actual job experience or assignments with foreign experience. It has been found that when technicians are sent abroad much time and effort is wasted, as they are given semi-skilled jobs irrelevant to their previous training, and so it was decided to discontinue this type of tarining abroad and confine it to practical work in local industries and productive enterprises.

As technical institutes came to grant university degrees in engineering it proved necessary to completely change the policy for the formation of technicians.

8. *The institutions responsible for vocational training and its levels.*

The general rule is to admit students who have completed preparatory education (9 years of general education) within 51.4% as a basis

The N.I.M.D. follows up the training of its graduates through periodic conference seminars, and by sending them books and journals giving up—to—date information in management.

N. I. M. D. also offers a consulting service to a variety of companies. The Management Consulting Centre studies the problems faced by managers of industrial companies, suggests solutions and follows up the actual application of these solutions by training the managers to do so. N.I.M.D. offers itss consulting services to 15-20 companies annually, and the Institute tops its services with a research and publication centre.

Managerial training needs are more acute in developing countries because the problems they face are more difficult and complicated, while their resources are inferior and limited. They lack the services and external economies available in advanced countries, and undoubtedly most of the managers' development is achieved via trial and error on the job.

2. *On the job training.*

In-plant training in productive enterprises is carried out according to what those responsible within the enterprises or the industrial sectors deem fit, but the utilization of the potentialities for training on the job faces the following obstacles :—

1. Training cnosciousness of managers is weak, as their pre-occupation with production and its immediate problems deviates them from training activities.
2. The rationalization of methods and the raising of productivity have not as yet reached standards that invite upgrading of the prevailing levels of qualifications.
3. The lack of sufficient material or moral incentives to increase interest in training.
4. Lack of experienced operators, supervisors and middle managers makes it difficult to train their surbodinates.
5. The lack of a central agency within labour unions and industrial organizations or at a national level that may advise industrial and manufacturing firms on in-plant training potentialities.

It can be said that on-the-job training has not been sufficiently explored, but those responsible for industrial activities have started to realize the importance of this type of training since it manifested itself at the upper levels.

One of the big opportunities that was made available early in the industrialization plan, but was not sufficiently utilized, was that of seizing the opportunity of benefiting from foreign experiences. Many foreigners have participated in the construction and assembling of factories, as well as in their guarantee periods which afforded a rare opportunity for the training of nationals who would undertake the responsibilities of operation and maintenance of these factories in the future.

3. *Estimation of industrial skills requirements and formulation of training programmes.*

The attitude towards future planning in the industrial or productive enterprises varies between determining the budget needs for the coming year, and undertaking detailed forecasts of the future requirements of industry at all levels. In most cases such planning orientation is lacking and has no unified national standards of skill.

The Ministry of Industry and other bodies concerned with manpower planning undertake different studies on the estimated needs in manpower and compare the available resource to the requirements, in order to establish a balance between manpower demand and supply especially in critical occupations. There should be a further exchange of experience and comparative studies to discover weakness and deficiencies in projections and forecasts and, moresver, such forecasts should be followed up at the sectorial and regional levels to minimize labour turnover and to eliminate serious bottlenecks in the essential skills.

3. The Engineer, the Scientist and the Specialist.

Universities are entrusted to provide these categories of high level manpower. Graduation rates of engineers, scientists and other specialists increase relatively with regard to skilled workers or technicians. The ratio of graduates of schools of engineering and industrial higher institutes to the total technical graduates is 11.5%, of technicians is 5% of the total, skilled and semi-skilled wokrers are 44.4 % and 39.1 % respectively. The ratio of high level manpower to the total industrial labour force was 4.5% in 1965. The ratio for engineers is 1% of the total.

It is worth noting that the technical institutes established to produce technicians were transformed into higher institutes imitating university colleges. This was done to the detriment of the standard and efficiency of education and to the soundness and productivity of the manpower structure.

Universities are still improving themselves so as to consolidate their ties with the community they serve, and make their curricula coincide with the experiences of life and requirements of society. They have a wider study that leads to more flexibility facilitating further specialization after graduation. Further upgrading and specialization will be carried out in training and research institutes which will be attached to the concerned industry.

Universities suffer from shortage of teaching staff, due to the shifting of a large number of professors to industrial activities. Therefore, they still count on graduates from foreign universities and institutes to consolidate the staff of national universities, the industries and research groups.

4. Managerial Personnel.

94% of the top managers in the industrial companies are university graduates. This compares to 57% in the United States, 80% in the Soviet Union and 26% in the U.K.

In 1965 one third of the managers were graduates of engineering schools, one third graduates of schools of commerce, and the remainder graduates of colleges of law and the arts, as well as the military academies. The Egyptian Universities only started to teach the principles and dynamics of modern industrial administration recently. Universities do not provide any follow-up training in management for their graduates.

Since 1956 the Productivity and Vocational Training Department (P.V.T.D.) has organized courses for top (258 manager) and middle management (496 trainees) and also organized specialised courses (1,503 trainees) in the fields of work study, production planning and control, quality control, preventive maintenance, marketing and safety, in addition to supervisory training.

Specialists of the department are also called on to offer their advice and consultation to solve their problems.

The National Institute of Management Development was established in 1961, and became responsible for the training and development of top managers as well as some middle managers. In the first five years of its life the N.I.M.D. trained 1,200 managers.

The following types of training programme are offered :

1) *Top Management Programmes:* Directed at chairmen of the board of industrial companies and those directly reporting to them. 400 managers have been through these programmes during the period 1961-1966.

2) *Specialised Programmes:* Directed at functional managers who are members of boards of directors as well as production managers, controllers and marketing directors.

3) *Basic Management Programmes:* Directed at middle managers, marked by their companies for top management. 200 of these managers graduated from the Basic Management Programmes.

4) *Sectoral Programmes:* Directed at managers in a specific sector, i.e. textiles, pharmaceuticals, etc.

CHAPTER I

A — EVALUATION OF THE SYSTEMS AND METHODS ADOPTED TO DEVELOP INDUSTRIAL SKILLS.

1. The organizations responsible for the creation of industrial skills.

The bodies concerned with the development of industrial skills are diversified according to the occupational levels, starting from the worker up to the manager, and vary according to the different fields of activity. Such bodies often accumulate new experiences derived from international organizations, or from Eastern or Western countries, but these acquired eexperiences were not always compared and examined to choose and develop those most adaptable to local circumstances.

1. The Worker : methods of training.

a. Technical education at the preparatory level — which is a three year course supervised by the Ministry of Education. The ratio of students enrolled in such schools to the total preparatory school enrollment fell from 8% in 1960 to 3% in 1965. This type of technical education was designed to train semi-skilled workers.

b) A technical education at the secondary level. This is a three year course also supervised by the Ministry of Education, and is provided by industrial schools (which award industrial diplomas). The number of graduates of these schools experienced a growth rate of 110% between 1960 and 1965.

c) A vocational training for one or two years. This follows the secondary edution, is supervised by the Ministry of Higher Education, and is undertaken by vocational training centres in close contact with industry.

d) Apprenticeship training in centres, belonging either to the Ministry of Labour or to industrial enterprises. This is a basic training for the period of one year, to be followed by practical inplant work, and other part-time studies are carried out for two years. All students engaged in this type of training enter into employment contracts with the firms where they receive their training. During the period 1960/1965 the number of students enrolled increased by 250% while graduates increased by 200%.

e) Different kinds of training provided by industrial enterprises. Though industry sponsored training is growing rapidly, the percentage did not exceed 2% in 1965, and the Ministry of Industry is seriously considering attaching its own training centres to the industries concerned.

f) Inplant training. This helps to create a high percentage of the prevailing skills ranging between 50% and 75% of the total skilled workers, and this takes place in the public or private sector.

2. The Supervisor and the Techician.

Supervisory training programmes are carried out in many enterprises helping to increase supervisory skills, and by 1965/890 supervisors were trained (in JRT, JIT, JMT and Safety), who in turn have trained 11,000 foremen. Also in 1965 the Instructors Institute of the Ministry of Industry trained 232 foremen and 60 technicians in draughting and production control. Nevertheless, the training plan at this first level of management requires further consolidation. Industrial enterprises have realised the danger of failing to ensure a high level of technician education, the lack of which impedes the progress of skilled labour and maintains the gap between the skilled worker and the engineer. This is why the new plan of educational reform strongly pursues this channel.

CASE STUDY ON U.A.R. MANPOWER DEVELOPMENT FOR INDUSTRIALIZATION

By

Dr. ABD EL-MEGUID EL-ABD

INTRODUCTION

The developing countries are nowadays faced with diverse problems. These countries are determined to achieve industrialization through the exploitation of their natural potentialities and the development of their human resources and, in so doing, their aim is to raise their standard of living and to close the gap existing between them and the advanced countries.

Any plan for industrial development is likely to be thwarted unless the State adopts a liberal attitude to do away with obsolete ideas; an attitude that should stem from the necessity to develop all national skills and capabilities.

Unfortunately, experiences gained in the advanced societies do not provide developing countries with a set pattern they could follow, because conditions differ. In addition, the divergence of views between East and West contributes to the confusion. Hence, the developing countries have to determine from among those different approaches what is applicable and most suitable to their own circumstances. To this end it is essential to undertake the necessary studies and research that would guide the State in finding the way to progress.

Despite the many available experiences and the competition among advanced countries in offering to the developing ones their respective know-how and projects, time — and time alone — is the main factor. It is impossible to compare the lapse of time during which the advanced countries were able to create skills and acquire experiences, with the relatively short span in the course of which a developing country not only has to catch up with the process of construction and production, but also to provide higher level assignments in research work or planning.

The developing couuntries had, therefore, to recognise the difference between educational and training programmes drawn for an advanced community and those meant for a developing society. Consequently, they had to choose the most appropriate solutions from the different systems, and to adopt flexible measures to adapt themselves to new developments and experiences arising from progress.

These diverse responsibilities constitute a heavy burden on the developing countries due to co-ordinating their efforts but, of course, the advanced countries carry a similiar load. The fact that men throughout the world share the same human characteristics despite their differences in social and economic backgrounds, should be a solid basis for international co-operation and understanding.

EDITING COMMITTEE

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretariat at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T. 60 per annum.

Subscription for others P.T. 200 per annum.

HEAD OFFICE

Egyptian Society of Engineers,

28. Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106

ADVERTISEMENTS

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

Vol. VIII — No. 1 — Jan.-Feb.-March 1969

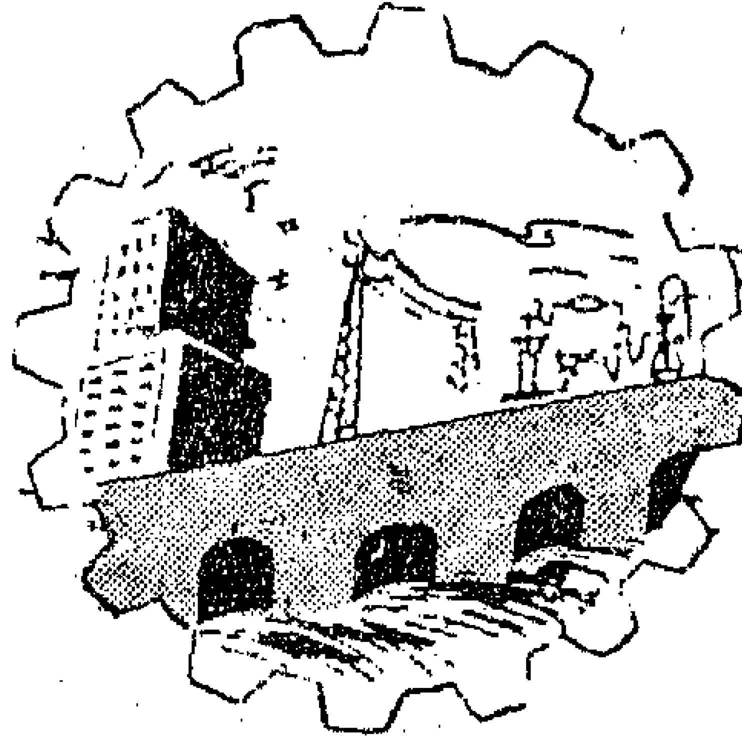
CONTENTS

ENGLISH SECTION

Page

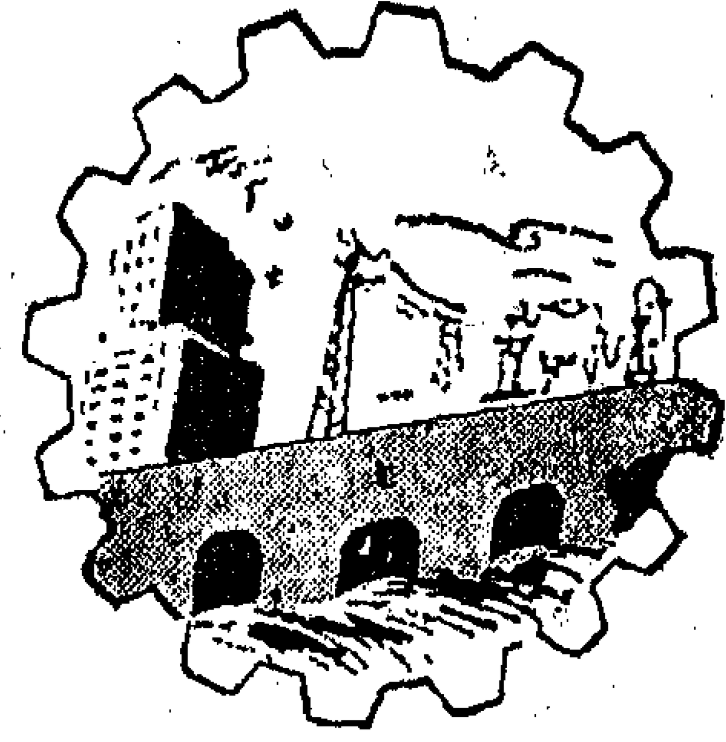
ARABIC SECTION

"Mondiale" Press—Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U. A. R.

Jan. Feb. March 1969
Vol. VIII
No. 1



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العدد الثانى | المجلد الثامن | ابريل - مايو - يونيو ١٩٦٩

رقم الايداع بدار الكتب المصرية ١٩٦٩/٢٩٨

المطبعة العالمية ١٦، ١٧ ش ضريح سعد بالقاهرة

مجلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثامنة — العدد الثاني — أبريل — مايو — يونيو ١٩٦٩

محتويات هذا العدد

القسم العربي

صفحة

القسم الافرنجى

بيـانات :

مقر المجـلة :

جمعية المهندسين المصرية
٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة
تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضـاء جمعية المهندسـين بالقاهرة مشتركون فى المجـلة بحكم عضويتهم

الاشـتراك السنوى :

	للمهندس	للهيئات
لغير الأعضـاء :	٦٠ ص	٢٠٠ ص

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية ، أى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التى تنشر وتعبر عن رأى كاتبها فقط

الإعلانات
مؤسسة مصر للطباعة والنشر
القاهرة : ١٩ شارع سوق التوفيقية تليفون : ٧٢١٩٢

لجنة التحرير

حول المجـلة والمؤتمر

لقد ذهبنا جميعاً إلى المؤتمر الهندسى العربى الحادى عشر ونحن نحس أن لهذا المؤتمر بالذات أهمية خاصة . ولم يكن هذا شعور المؤتمرين وحدهم ، بل الواضح أن الاجتماعات التى سبقت عقده قد سادها هى الأخرى نفس الشعور برهبـة اللحظة التاريخية وثقل المسئولية التى تتحملها أمام أجيال قادمة من المهندسين ستحكم على ما نفعله اليوم من خلال رؤية تاريخية واضحة تجعل حكمها حكما دقيقاً وصحيحاً فى نفس الوقت .

ولقد انعكس جو الجدية والواقعية والبعد عن المظهرية على كل مناقشات اللجان ، واكتسبت أمور التنسيق والتعاون بين العربى والعربى فى مجالات العمل الهندسى المختلفة كياناً جديداً يحس الجميع بوجوده كواقع قائم ، أو قريب المنال ، واجب التحقيق . ولا يعنى هذا أنه لم تـكن هناك مناقشات واختلافات فى وجهات النظر ؛ بل إن تباين وجهات النظر والحرص على توضيحها دون تعصب كان برهاناً ، يفوق كل البراهين فى إقناعه ، على أن هذا المؤتمر كان جاداً مخلصاً وواضحاً .

* * *

وعندما جلسنا — نحن هيئة التحرير — نستعرض حصيلة هذا الجهد الذى شاهدناه عن كثب طوال شهور عدة سبقت عقـد المؤتمر وأثناء انعقاده — بل وحتى بعد

انفضاضه — عند ما جلسنا نقلب النظر فى هذا كله ، محاولين أن نحدد السبيل الأمثل لتناول المؤتمر وعرضه على جمهور المهندسين فى مصر ، أحسسنا أننا نحن الآخرين مطالبين بنظرة جديدة وأسلوب جديد .

• فليس ينفع اليوم أن نكتفى بسرد قرارات المؤتمر كما طبعت ووزعت قبل صدور هذا العدد بعدة أسابيع .

• وليس يكفى اليوم أن نورد وصفاً تقريرياً لعدد جلسات المؤتمر وعناوين البحوث التى ألقيت أو وزعت فى كل منها .

• وليس يليق اليوم تكرار ما نشرته زميلات لنا من الدوريات الهندسية من أعمال المؤتمر أو عن أعماله .

ولقد أثار التساؤل فى أمر هذا كله والبحث عن الطريق السوى وسط كل هذه المزالق سؤالا جوهرياً :

ما هو دور هذه المجلة ؟ وما الذى يميزها عن غيرها من الدوريات الهندسية ؟

وليست الإجابة على هذا السؤال بالأمر الجديد على قرائنا فى مصر أو فى العالم العربى أو فى خارجه . إن مجلتنا مجلة علميــة تعرض خلاصة جهود البحاث والعلماء المصريين والعرب والأجانب فى مختلف فروع الهندسة . ومن ثم ، فهى تهتم بالذات بأمر النشاط العلمى للمهندسين العرب . ويزداد اهتمامها بهذا الأمر فى ظروف ما بعد النكسة التى أبرزت للغافلين أمراً طالما تحدثنا عنه ولفتنا النظر إلى أهميته ، ألا وهو التحول الجذرى الذى طرأ على العلم وتطبيقاته فى ربع القرن الأخير — فى حجمه ، فى نوعيته ، فى المجالات التى يتطرق إليها ، وفى وقع هذا كله على العمل التكنولوجى خاصة وعلى حياتنا المعاصرة بوجه عام .

ولم يكن غريباً ، إذن ، أن يشد انتباهنا من بين جمع حافل من البحوث القيمة التى زودنا بها المؤتمر جهود قلة من المهندسين أحست — كما نحس نحن — بأهمية هذه القضية اليوم فسعت إلى المؤتمر بحصيلة فكرها فى بعض شئونه .

وهكذا استقر رأينا أن نورد فى هذا العدد الأبحاث التى تناولت قضايا العلم والتكنولوجيا المعاصرين وموقف العالم العربى منها ، خصوصاً وأنها بحكم عموميتها وشمولها تهم كل المهندسين وتثير فى أذهانهم تساؤلات أساسية فى قضايا جذرية تكمن وراء تفكير كل منا وأسلوب مزاولته لتخصصه .

لقد آثرنا أن نتعرض للاستراتيجية بدلاً من التكتيك ، إلى المبادىء العامة بدلاً من التفاصيل ، لإحساسنا بأن هذا هو ما نحتاج إليه اليوم — بغض النظر عن تخصصنا أو موقع عملنا أو حجم مسئوليتنا فيه .

ولقد لفت نظرنا بعد هذا نموذج فريد قدمه لنا هذا المؤتمر فى مجال الطاقة الكهربية. إنه نموذج مشرف ورائد للتعاون بين الفنيين . لقد تقدم للجنة المؤتمر الرابعة ، الخاصة ببحث إمكانية ربط البلاد العربية بشبكة كهربية موحدة ، بحث وحيد اشترك فيه — ولأول مرة — مهندسون من أماكن مختلفة داخل الوطن العربى الكبير . إن خير تحية نقدمها لهذا النموذج المشرف هى أن نخصه بعرض مفصل له ولما دار حوله من نقاش ولما انتهى إليه المؤتمرون فى شأنه . . .

هيئة التحرير

كلمة المهندس

أمين حلمى كامل

رئيس وفد الجمهورية العربية المتحدة
بالمؤتمر الهندسى العربى الحادى عشر

سعادة وزير الأشغال العامة الذى تفضل بافتتاح المؤتمر تحت رعاية صاحب السمو أمير دولة الكويت المعظم ،

السيد رئيس المؤتمر ،

السادة رؤساء وأعضاء الوفود ،

أحييكم ويشرفنى أن أنقل تحية مهندسى الجمهورية العربية المتحدة إلى إخوانهم المهندسين العرب العاملين بسائر أرجاء الوطن العربى الكبير .

أيها السادة :

إن شعوبنا تحمل وفودها إلى المؤتمر الهندسى العربى الحادى عشر المنعقد اليوم بالكويت مهمة استطلاع الوضع الصناعى القائم بغية دفع عجلة التصنيع وتحقيق تنمية صناعية شاملة تعتبر أساساً للعمل العربى المشترك فى مواجهة معركة عربية مصيرية تستوجب مستلزمات النصر بها تعبئة وتنسيق كافة قدرات الأمة وإمكانياتها المادية والبشرية والحضارية .

إن الحرب التى نخوض غمارها الآن لا تقف عند أبعادها العسكرية فحسب بل هى فى المقام الأول معركة تخطيط وتنظيم ، معركة اقتصاد و صناعة وإنتاج ، معركة علم وفكر وابتكار .

أيها السادة :

إن التنمية الاقتصادية التى تقوم على أساس سليم من شأنها أن تجعل الاقتصاد القومى قادراً على مواجهة الظروف الصعبة التى تمر بها الأمة العربية بمعنى أن التخطيط لعملية التنمية إذا كان هو التخطيط الواجب اتباعه فى ظروف البلد النامى وموارده واحتياجاته لا بد وأن يؤدى باقتصاده إلى وضع يكون فيه قادراً على مواجهة احتياجات التعبئة الوطنية عند الطوارىء إذ أن إنتاجنا كلما زاد وتحسن هيكله كلما اكتسب المرونة التى تمكنه من مجابهة الحاجات المتزايدة .

ومن هنا تبرز أهمية المضى فى تحقيق التوازن بين إنتاج السلع الاستثمارية وإنتاج السلع الاستهلاكية عن طريق التوسع فى إقامة الصناعات الثقيلة والوسيطة التى تعتبر القاعدة الثابتة للكيان الصناعى والتى تؤدى إلى التعجيل بالتنمية الاقتصادية واختزال مراحل التطور الوسيطة .

أيها السادة :

إن هذا المؤتمر العربي الحادي عشر إنما هو امتداد لسلسلة المؤتمرات الهندسية العربية التي بدأت بالمؤتمر الأول الذي عقد في مدينة الأسكندرية في ابريل عام ١٩٤٥ واستمرت حتى المؤتمر العاشر الذي عقد بمدينة القدس العربية في أغسطس عام ١٩٦٦ .

كما أن هذا المؤتمر ينعقد بعد ثلاث سنوات من انعقاد مؤتمر التنمية الصناعية للدول العربية في الكويت . ويجدر بنا في هذا المقام أن نشيد بالمبادرة الكريمة والمعاونة الصادقة التي تقدمها دولة الكويت العربية الصاعدة إلى العمل العربي المشترك في كافة المجالات وأن ننوه بالإجراء البناء والتنظيم الكفء الذي اتفق عليه في الاستفادة من توصيات مؤتمر عام ١٩٦٦ ألا وهو قيام وزارة خارجية دولة الكويت بمتابعة تنفيذ توصيات المؤتمر وقد لمسنا جميعاً الفاعلية والكفاءة الفائقة في القيام بهذا العمل الرائد . ونرجو أن يستمر هذا الإجراء بالنسبة للتوصيات البناءة التي سوف يضعها مؤتمرنا الحالي بإذن الله على أساس من الدراسات العميقة والمناقشات الهادفة لتجد سبيلها إلى التنفيذ .

أيها السادة :

انطلاقاً من بحوث وتوصيات مؤتمر عام ١٩٦٦ فيما يتعلق بتنسيق الجهود في حقل التنمية الصناعية في الدول العربية عن طريق تبادل المعلومات والخبرات وتوحيد تصانيف الصناعات والمصطلحات المتعلقة بها ، أصدر المجلس الاقتصادي لجامعة الدول العربية قراره رقم ٣٥٩ في ١٩٦٨/٥/١٨ بشأن اقامة مركز للتنمية الصناعية للدول العربية وهو قرار نباركه ونتمنى أن يعود على البلاد العربية بالخير الكثير .

كما بادر اتحاد المهندسين العرب بتشكيل لجنة لتجميع وتبويب البيانات والإحصاءات الأساسية الخاصة بانتاج واستيراد وتصدير واستهلاك السلع الصناعية الرئيسية والهامة في البلاد العربية خلال فترة ماضية من السنوات الأخيرة ليتسنى التعرف على معالم الأوضاع الصناعية السائدة وإعداد هيكل للخريطة الإحصائية الصناعية يعبر عن هذه الأوضاع ويصلح لأن يتخذ أساساً لرسم الصورة الصناعية في المستقبل حتى تستكمل شكلها وذلك من واقع البيانات والإحصاءات الأساسية الخاصة ببرامج وخطط التنمية خلال الفترة القادمة حتى عام ١٩٨٠ . ونظراً لضيق الوقت فقد اقتصر على تجميع وتبويب البيانات والإحصاءات الأساسية الخاصة بقطاعات الحديد والصلب والغزل والنسيج والبتروكيماويات والمخصبات والورق والصناعات الغذائية ووسائل النقل والصناعات الصغيرة وهي القطاعات الصناعية التي سيبحثها المؤتمر بالإضافة إلى صناعات أخرى رئيسية مثل البترول والتعدين .

أيها السادة :

إن دراسة هذه الخريطة فنياً واقتصادياً يمكن أن يوصلنا إلى معالم ذات دلالة عن الحاضر والمستقبل ، معالم تؤكد لنا مقدرة الإنسان العربي على أن يقرر بنفسه مصير أمته على الحقول الخصبة وفي المصانع الضخمة ومن فوق السدود الشامخة وبالطاقات الهائلة المتفجرة بالقوى المحركة .

إن هذه المحاولة وإن كانت قد اعتمدت في تجميع البيانات والإحصاءات على المراجع العربية والأجنبية المتاحة إلا أننا في ظروف أوضاعنا الراهنة كأمم لم تستوف أجهزة الإحصاء فيها إمكانياتها الكاملة ، فان الأمر يقتضي منا أن نساهم جميعاً في مراجعة هذه البيانات ، ونتقدم بأي إضافات أو تعديلات أو تصحيحات لنؤدي دورنا في دعم هذه الخطوة المفيدة التي ستساعدنا على رسم صورة حقيقية لواقعنا الصناعي .

أيها السادة :

تعالوا نرتاد سوياً بعض نواحى مستقبل أمتنا المشرق بإذن الله باستقراء بعض الأرقام التى ظهرت من هذه الصورة المبدئية التى لم تستكمل ألوانها النهائية بعد .

إن عددنا نحو ١٠٩ مليون نسمة وسيزداد عددنا إلى نحو ١٦٦ مليون نسمة عام ١٩٨٠ . كما تبلغ مساحة أراضينا نحو ١٢ مليون كيلو متر مربع وتمتد شواطئنا على المحيط الأطلسى والبحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر وبحر العرب والخليج العربى . وتزيد هذه المساحة عن مساحة كل من كندا أو الولايات المتحدة أو جمهورية الصين الشعبية أو البرازيل أو استراليا ، فان مساحة أى منها لا تزيد عن ١٠ مليون كيلو متر مربع .

وبلغ الدخل القومى للدول العربية فى عام ١٩٦٥ نحو ٢١ ألف مليون دولار أمريكى ، كما بلغت قيمة الصادرات نحو ٧٫٢ ألف مليون دولار شاملة صادرات البترول فى مقابل واردات قيمتها نحو ٥٫٥ ألف مليون دولار بفائض فى الميزان التجارى نحو ١٫٧ ألف مليون دولار .

إلا أن متوسط دخل الفرد فى الدول العربية فى مجموعها لم يزد عن ١٨٩ دولار .

أيها السادة :

إننا استهلكنا فى البلاد العربية فى عام ١٩٦٥ من منتجات الحديد والصلب ٢٫٢ مليون طن ، وعلى أساس معدل متوسط للزيادة فى الاستهلاك قدره ٧ ٪ فى السنة بنسبة مركبة سيصل استهلاكنا إلى ٦ مليون طن سنوياً فى عام ١٩٨٠ أى أن معدل استهلاك الفرد سنوياً سيزيد من ٢١ كيلو جرام فى عام ١٩٦٥ إلى ٣٦ كيلو جرام فى عام ١٩٨٠ وهو معدل منخفض بالنسبة لاستهلاك الدول النامية فما بالك بالدول الصناعية .

إن معركة الإنتاج هى التحدى الحقيقى الذى سوف نثبت فيه مكاننا الذى نستحقه تحت الشمس . إن الإنتاج هو القياس الحقيقى للقوة الذاتية العربية تعويضاً للتخلف واندفاعاً للتقدم ومقدرة على مجابهة جميع الصعاب .

إن الشعلة التى أوقدناها بدأت تضىء لنا طريق المستقبل ، فقد بدأ تشغيل أربعة مصانع أساسية للحديد والصلب ومنتجاتها فى البلاد العربية منذ مؤتمر عام ١٩٦٦ .

أولها فى جمهورية تونس ، إذ تم تشغيل أحد الفرنين العاليين بمدينة منزل بورقيبة فى يونيو عام ١٩٦٦ بطاقة إنتاجية ١١٥ ألف طن زهر غفل سنوياً يتم تحويلها إلى صلب باستخدام محولين يعملان بطريقة النفخ بالأوكسيجين كما يتم إنتاج كتل الصلب بطريقة الصب المستمر ويمكن أن ينتج من هذه الكتل ٧٠ ألف طن من الأسياخ والأعمدة ذات القطاعات المربعة والزوايا وينتظر إنشاء وحدة لسحب الأسلاك الصلب بطاقة إنتاجية سنوية تبلغ ١٠ آلاف طن وكذلك وحدة لدرفلة القطاعات المتوسطة .

وثانى هذه المصانع فى جمهورية الجزائر الديمقراطية والشعبية ، فقد بدأ تشغيل واحد من الأفران العالية الثلاثة فى مصنع عنابه فى يناير ١٩٦٩ وطاقته السنوية نحو ٥٠٠ ألف طن زهر غفل ويتم تحويل الزهر إلى بلاطات صلب باستخدام محولين يعملان بطريقة النفخ بالأوكسيجين ويتم صبها بطريقة الصب المستمر . ويمكن إنتاج ألواح عريضة بطاقة سنوية ١٠٠ طن بعرض ٢٦٠٠ ملليمتر أو شرائط مدرفلة على الساخن وعلى البارد بعرض أقصى ١٣٠٠ ملليمتر ويتبع هذا المصنع مصنع لإنتاج المواسير الصلب الحلزونية .

وثالث هذه المصانع فى المملكة العربية السعودية ، وهو مصنع لإنتاج الأعمدة ذات القطاعات الصغيرة بدأ فى الإنتاج فى عام ١٩٦٧ ، وطاقته السنوية ٤٥ ألف طن ستزداد إلى ٨٠ ألف طن وتستخدم كتل الصلب المستوردة لحين تشغيل أفران الصهر الكهربائية التى ستستخدم حديد خردة وحديد اسفنجى مستورد . وتنفيذ مشروع وادى فاطمة لإنتاج

حديد اسفنجي يعتبر تطبيقاً صناعياً رائداً وهاماً في صناعة الحديد والصلب في البلاد العربية .

ورابع هذه المصانع في الجمهورية العربية المتحدة ، فقد تم تشغيل بعض وحدات مصنع درفلة الشرائط بحلوان وينتظر الاحتفال ببدء تشغيل المصنع في مايو القادم بمشيئة الله . وتبلغ طاقته السنوية ٣٠٠ ألف طن من الشرائط المدرفلة على الساخن وعلى البارد بعرض أقصى ١٠٥٠ ملليمتر ، وسيستخدم المصنع بلاطات صلب مستوردة لحين تشغيل المرحلة الأولى من مجمع الحديد والصلب بحلوان التي ينتظر أن تبدأ في الإنتاج في منتصف عام ١٩٧٣ وتقدر الطاقة السنوية من البلاطات والكتل في هذه المرحلة بحوالى ٩٠٠ ألف طن تزداد إلى مليون ونصف طن بعد تشغيل المرحلة الثانية .

أيها السادة :

الآن وعلى ضوء هذه الصورة يصبح في إمكاننا أن نتطلع إلى المستقبل ، إلى عام ١٩٨٠ ؛ فنجد أن إنتاجنا سيبلغ نحو ٤ر٦ مليون طن ، وأن النقص عن الاستهلاك سيبلغ نحو ٤ر١ مليون طن فقط أي حوالى ٢٣ ٪ وذلك على أساس أن جمع المشروعات الجديدة ومشرعات التوسع في صناعة الحديد والصلب في الدول العربية سيتم إنشاؤها وستعمل بطاقتها الكاملة حسب الخطط المقررة .

أيها السادة :

إن التوسع في إقامة هياكل الإنتاج الرئيسية هو أساس الانطلاق نحو الأهداف الجديدة للانتاج في الزراعة وفي الصناعة معاً . اننا نظر إلى هذه الإنجازات باعزاز وفخر فإن كل عمل إنتاجي يتم في أي بلد عربي إنما هو إضافة إلى قوتنا وتعزيز لقدرتنا على الصمود .

أيها السادة :

لا أريد أن أطيل عليكم بذكر أرقام كثيرة وإنما أرجو أن تسمحوا لي بأن أنتهز هذه الفرصة النادرة التي يجتمع فيها عدد كبير من المهندسين العرب لأن أعطى بعض الأمثلة المعبرة ، من قطاعات الصناعة المختلفة ، عن أهمية التنسيق في مجالات الإنتاج المشترك الذي يعتبر أفضل أشكال التعاون الاقتصادي بين الدول النامية ، لأنها تنقل العلاقات من مرحلة التعاون على مستوى التبادل التجاري أو تبادل القروض والمعونة إلى مرحلة التعاون في الإنتاج على أسس جديدة من التخصص وتهيئة الظروف والأسس لإعادة تقسيم العمل بين الدول المتعاونة وإحداث التغييرات الجذرية في هياكل الإنتاج بها .

فمثلا بلغ الاستهلاك الظاهر في الدول العربية من الجرارات الزراعية في سنة ١٩٦٥ حوالى ١١ ألف جرار بينما بلغ الإنتاج في الدول العربية من تجميع الجرارات وتصنيعها جزئياً حوالى ألف جرار فقط . ويقدر أن يزيد حجم الطلب على الجرارات في الدول العربية إلى حوالى ١٦ ألف جرار في عام ١٩٧٥ في مقابل إنتاج لايتجاوز ٤ آلاف جرار . ولايفوتنا أن نشير إلى المشروع الذي تدرسه الجمهورية العربية السورية حالياً لإنتاج ٢٥٠٠ جرار سنوياً .

وهناك مثل آخر من قطاع الصناعات الكيماوية ، فقد بلغ الاستهلاك الظاهر في الدول العربية عام ١٩٦٥ من الأسمدة الأزوتية نحو ٣٩٠ ألف طن أزوت بينما بلغ الإنتاج نحو ١٦٠ ألف طن مما استوجب استيراد نحو ٢٣٠ ألف طن وعلى أساس معدل الزيادة السنوية المقدر بمعرفة هيئة الأغذية والزراعة التابعة لهيئة الأمم المتحدة البالغ ١٥ ٪ سنوياً بنسبة مركبة ، يقدر أن يزيد الاستهلاك في عام ١٩٧٥ إلى نحو مليون وستين ألف طن أزوت ، كما أن الطاقة الإنتاجية سترتفع إلى مليون ومائة وخمس وستين ألف طن بفائض قدره مائة وخمس ألف طن أزوت سيستوعبها الاستهلاك المحلي في العام التالي .

أيها السادة :

إن القطن ينتج بكميات وفيرة فى بعض البلاد العربية فقد بلغ إنتاج الدول العربية من القطن فى عام ١٩٦٥ نحو ٨٦٠ ألف طن لم يستخدم منه فى صناعة غزل الخيوط إلا ٢٣٠ ألف طن أى بنسبة تقل عن ٣٠٪ إلا أنه بالرغم من ذلك فإن استهلاك البلاد العربية من المنسوجات القطنية بلغ ١٦٠ ألف طن فى عام ١٩٦٥ فى حين أن إنتاجها من هذه المنسوجات لم يتجاوز ١٢٨ ألف طن . وبالرغم من أن كثيراً من البلاد العربية التى تنتج المنسوجات القطنية تتوسع فى صادراتها منها وعلى ذلك بلغ الفرق بين الاستهلاك والإنتاج المخصص للسوق المحلى حوالى ٥٣ ألف طن .

وعلى ضوء الزيادة المتوقعة فى عدد السكان فى عام ١٩٨٠ والنمو فى معدل استهلاك الفرد من المنسوجات القطنية يقدر الاستهلاك عام ١٩٨٠ بنحو ٣٠٧ ألف طن والإنتاج بنحو ٣٠٠ ألف طن والصادرات بنحو ٤٠ ألف طن والواردات بنحو ٤٧ ألف طن .

أيها السادة :

بالرغم من أن البلاد العربية غنية بثورتها البترولية إلا أنه يتضح أن هناك قصوراً شديداً فى إنتاج زيوت التزييت فى الدول العربية ، فبينما يقدر الاستهلاك بحوالى ٣٤٦ ألف طن مترى فى عام ١٩٧٠ ، ٣٦٥ ألف طن فى سنة ١٩٧٥ إلا إنه لا توجد فى البلاد العربية إلا ثلاثة مصانع لإنتاج زيوت التزييت ستبلغ طاقتها الإنتاجية فى عام ١٩٧٢ : ١٨٥ ألف طن مترى أى بنسبة تبلغ نحو ٥٠٪ .

أيها السادة :

إن التوسع فى طاقات القوى المحركة وان وصول هذه القوى إلى كل مكان فى وطننا العربى الكبير هو المحرك الفعال لطاقات التنمية الاقتصادية والاجتماعية ولا يمكن أن يتحقق ذلك إلا إذا تمت تغطية وطننا العربى كله بالشبكة الكهربائية .

لقد بلغ استهلاك الدول العربية من الكهرباء فى عام ١٩٦٥ نحو ١٣ ألف مليون كيلووات ساعة وينتظر أن يتضاعف إلى ٤٢ ألف مليون كيلووات ساعة فى عام ١٩٧٥ ثم إلى نحو ٧٠ ألف مليون كيلووات ساعة فى عام ١٩٨٠ ، بينما تقدر كمية الطاقة الكهربائية المتولدة باستخدام مساقط المياه فى كل من جمهورية السودان والجمهورية العربية السورية والجمهورية اللبنانية والجمهورية العربية المتحدة بنحو ١٧ ألف مليون كيلووات ساعة سنوياً فى عام ١٩٨٠ ، أى بنسبة ٢٤٪ تقريباً .

إن هذا النمو فى استهلاك الكهرباء سينعكس على صناعات أخرى مثل صناعة المعدات والمهمات الكهربائية ويقتضى الأمر أن توجه إليها العناية من الآن .

أيها السادة :

سأكتفى بهذا القدر من الأمثلة ولكن هناك الكثير من الأرقام التى تستحق منا كل عناية واهتمام لنستخرج منها المؤشرات عن إمكانيات التنمية الصناعية فى البلاد العربية على أساس عمليات الإنتاج المشترك التى تؤدى إلى توزيع أعباء المشروعات الضخمة على أكثر من بلد واحد كما توفر أسواقاً متسعة وممتدة فى أكثر من بلد مما يمكن معه التغلب على عقبة صغر حجم السوق وإقامة الصناعات عند مستوى الحجم الأمثل .

هذا ونظراً للصعوبات التى ستقابلها عمليات الإنتاج المشترى فيما يتعلق بالتوفيق بين أولويات التنمية فى مختلف البلاد وتعذر إمكان تحقيق التخصص الأمثل للموارد فإنه يمكن البدء بأشكال مبسطة فى هذا المجال والعمل على تطويرها مع مضى الوقت . وإن مؤتمرنا هذا الذى ينعقد فى لهيب معركة يعتبر الإنتاج وقودها الأكبر ويساهم فيها المجتمع الهندسى العربى بتعبئة كافة قدراته الفنية ومن ضمن هذه المساهمة البحوث العميقة الفعالة التى لها أصالة علمية وقيمة تكنولوجية فى موضوعات أربعة هى :

١ — تنمية الصناعات فى البلاد العربية والتنسيق بينها.

٢ — اتجاهات العمارة فى البلاد العربية وأسس التصميم المعمارى والاقتصاد الهندسى فى التصميم والإنشاء .

٣ — المواصفات والمقاييس وإمكانيات تنسيقها بين الدول العربية .

٤ — ربط البلاد العربية بشبكة كهربائية موحدة .

وكل هذه الموضوعات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بأوضاعنا الحاضرة وتستهدف تنمية وتطوير الصناعة والطاقة الكهربائية والمواصفات القياسية وتعمير المدن العربية لنمضى على طريق التقدم وفى يدنا خريطة للأفق الفسيح أمامنا وخطة عمل لتقدمنا فى هذه المجالات التى تعتبر حيوية للتنمية الاجتماعية والاقتصادية .

أيها السادة :

لقد وصل التآمر الاستعمارى إلى حد انتزاع قطعة من الأرض العربية فى قلب الوطن العربى واغتصابها دون ما سند من حق أو قانون لصالح إقامة فاشستية عسكرية لا تعيش إلا بالتهديد العسكرى الذى يستمد أخطاره من كون إسرائيل أداة للاستعمار .

إن فعالية الجيوش العربية فى القوة الوطنية الاقتصادية وهى المستودع العظيم الذى يمد إرادة القتال باحتياجاتها المادية والبشرية التى تتمكن بها من رد التحدى وإحراز النصر وتعزيزه .

لذلك يجب أن يكون نصب أعيننا دائماً تنمية مقدرة الاقتصاد القومى على النمو فى المستقبل وأن تنال احتياجات التنمية نصيبها إلى جانب احتياجات الدفاع .

إن الدفاع إذا لم تعززه التنمية لا يقدر على الصمود الطويل للمعركة الممتدة .

أيها السادة :

باسم شعب الجمهورية العربية المتحدة ومهندسيها أتقدم بالشكر والتقدير إلى صاحب السمو المعظم أمير دولة الكويت وإلى الشعب العربى الشقيق وإلى حكومة الكويت عرفاناً منا بالجميل وتقديراً منا لمبادرة دولة الكويت الشقيقة إلى تدعيم التعاون العربى الإيجابى فى كافة المجالات بما فيها مجال التنمية الصناعية بالفكر والعمل ، وبالعلم والتخطيط .

كما أتقدم بالشكر لكل من ساهم فى الإعداد والتحضير لهذا المؤتمر وأخص بالذكر جمعية المهندسين الكويتيين لجهودها الموفقة فى إخراج المؤتمر فى هذه الصورة المشرفة .

أيها السادة :

أشكركم وأتمنى لهذا المؤتمر التوفيق والنجاح فى مهمته الجليلة والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته .

* * *

الأصول والأبعاد التكنولوجية في التصنيع الحديث

للدكتور المهندس منير ديب عطيه

١ ــ ماهية التصنيع الحديث :

التصنيع الحديث بمقتضيات نشأته وبنتاجه فعل ثورى طاغ فى جميع جوانب الحياة الدنيا . إنه بالمعنى الاقتصادى أرفع درجات التثمير ، وبالمعنى الاجتماعى تصعيد للالتزام المتكامل بين أفراد المجتمع وقطاعاته فى شؤون العمل والكسب . وبالمعنى التربوى ممارسة مسؤولة فى حدود الضبط القياسى ، للمعارف والعلوم المكتسبة .

إن التصعيد الذى يمثله التصنيع الحديث فى قيمة الجهد الإنسانى وفاعليته وهو كيف قائم بذاته وهو عنوان المدنية المعاصرة ، ولا يصير إلا على درجة عالية الحساسية من التكامل للمعارف والعلوم المكتسبة فى إطار موسع الركائز من التأليف والتنظيم والانضباط المسلكى والإدارى . تعجز عنه الشعوب المتخلفة حتى الآن . وأكثر من العجز عنه تبدو وكأنها لم تدرك كنهه .

عدة التصنيع الحديث هى أولا فى مذهب عقلانى يلتزم بالغرض والوسائل بالمبدأ العلمى وبالتفصيل ، بالأصل والمقتضيات الفرعية . إنه معرفة بالكليات والجزئيات بالمقدمات وبالنتائج وما بينهما . يلتزم بتكامل تام لأنواع المعرفة وطرائق ممارستها وتفعيلها فى دفع مركز نحو الاستزادة من الخير المادى .

فى المقام الثانى عدة التصنيع الحديث فى مسلك عملى منضبط بالرقم ومبرر بالنتيجة فهو استقصاء للممكنات الاستثمارية من جميع وجوهها والتزام بتحقيقها أو أنه التزام بصحة التصميم أى التخيل والإبداع العقلى وبسلامة المرتكزات الاستثمارية من مالية وتجارية وبتوفر المواد الأولية أو بتوفيرها . وهو أيضاً التزام بتوفير العمل الماهر المنضبط وهو التزام بكمية الإنتاج ونوعيته . وآخر الأمر هو التزام فى الزيادة والاستزادة ، فى كل هذه الالتزامات ، بما يستنبطه العقل والتجربة من حقائق مادية ونفسية ووسائل وسبل جديدة .

فى هذا الإطار التحديدى لا تزال الثورة الصناعية غير قائمة فى أكثر بقاع الأرض . فلم تتعد حتى الآن بقمة

منشؤها — أوروبا الغربية — سوى إلى أمريكا الشمالية ، وقد وصلت فيها بالاقتباس أولا ثم بالإبداع إلى صعيد الريادة والنبراس ، وإلى روسيا وفى تجربتها عناصر ريادة فريدة . ثم إلى اليابان وحديثاً إلى الصين . ولا يزال ما تبقى من العالم ونحن منه ، متخلفاً وهذا هو المعنى الحقيقى للتخلف فى محتوى المدنية المعاصرة .

تستبين أصول التخلف هذا فى موقفين اثنين لا ثالث لهما ، إما موقف رفض الالتزام أساساً ونظرياً وهذا غير وارد ، على الأقل فى بلداننا إنه سمة الشعوب والمجتمعات البدائية ، أو عدم إدراك حقيقته ومقتضياته والخبط فى اتجاهه خبط عشواء . وهذا هو حال أكثر العالم المتخلف اليوم ونحن منه .

لا يمكن تفسير هذا التخلف ، على الأقل منذ نهاية الحرب العالمية الأولى ، وحتما منذ نهاية الثانية ، بإرجاعه إلى عدم توفر شىء من عناصر المناخ المؤاتى لنشوء ما قد يعتبر ركائز لهذا الالتزام ، أى توفر المال بقدر ، والتعليم ، والاستقلال السياسى بمعنى الاستقلال التقريرى ، والتطور الاجتماعى والعمالى مع ما يستتبعه من حاجات ومطالب جديدة . فقد نشأت هذه وبقى التخلف الصناعى . ولا يمكن إرجاعه إلى نظرة سلالية : من أن شعوباً مهيأة وشعوباً أخرى غير مهيأة لتفهم هذا الالتزام وتقبله ، ويقصد بالمهيأة شعوب الغرب . فهذه روسيا والصين واليابان ليست من العالم الغربى والتزامها فى الثورة الصناعية التزام كامل أصيل . وأما التجربة التركية فى « التغرب » الكامل بالنقل فنجاحها غير بين للآن ومرد ذلك إلى أنها على ما تبدو لم تعتبر تماماً تفاوت القيمة أو العمق فى مركبات المدنية الغربية . والالتزام التكنولوجى يفترض توفر أصالة ذاتية محورية مميزة المقادير والأبعاد فى النقل والاقتباس .

لا يمكن من ناحية ثالثة تفسير هذا التخلف بأن المتخلفين غير مدركين لمنافع التصنيع الحديث من اقتصادية وسياسية واجتماعية وتربوية . فهم مبهورون بنتائجه راغبون فى خيراته فإنها عندهم مطلب ومبتغى ، واندفاعهم نحو هذه النتائج منزل بشكل أو بآخر منزلة رفيعة فى الخطط الإنمائى وموقفة له الأموال والجهود الضخمة ، ومسخر لأجله التشريع العام فى بعض الحالات: إنه موضوع المطلب الأول للعالم المتخلف فى المساعدة التى يبتغيها العالم المتقدم ولكن الانطلاق التصنيعى الحديث غير مدرك للآن فى العالم المتخلف .

إن مساعدة العالم المتقدم فى حل هذه العقدة تبدو مساعدة شكلية وربما كانت سبباً فى زيادة تعقيدها ، فالعالم المتخلف يحتاج إلى أن تكشف له الأسس والمقتضيات ومساعدة العالم المتقدم له تنحصر فى بهره بالنتائج وفتنه بالمنافع على درك خسيس من البيع والشراء .

فلا بد للمتخلفين من استكشاف الأمر بأنفسهم .

٢ — الأصول الذاتية للتخلف الصناعى — ماهى التكنولوجيا الحديثة :

قد يكون العالم المتخلف لأسباب عديدة فريسة خدعة إدراكية . فهو يرى من العالم المتقدم السلعة والمصنع ويرى المصنع سلعة . فهو لا يرى التصنيع إطلاقاً .

إن هذه الخدعة الإدراكية ، على درجات متفاوتة من البساطة أو التعقيد ، تفسر كثيراً مما جرى ويجرى للآن فى العالم المتخلف . إنها تفسر كثيراً مما نحن فيه فى بلداننا العربية . تكاد ترى فى مطاوى كل خطة إنمائية وفى مزالق كل بحث فى الصناعة . وتلمس لمس اليد فى حديث الإجازات والبراءات والـ know-how المهول به من تجار التقدمية واستطراداً فى محاولة جذب رأس المال الأجنبى . فهذا يجلب معه هذه التعاويذ التى يمثلها الـ know-how ويجب التقرير هنا أننا مأخوذون بهذا « الحل » معتبرين هذا « التحايل المعرفى »

كيمياء الصناعة الحديثة تماماً وكانا أجدادنا مأخوذين بكيمياء الذهب التى قيل فيها على كل حال « كالكيمياء التى قالوا ولم تصب » غير مدركين أن هذا « التحايل المعرفى » هو أحد انعكاسات التأليف التكنولوجى الحديث .

ولكن ثمة ما يبدو فى تصرفنا وكأننا تساورنا شكوك من لم يصب . من هنا نرى محاولات محمومة لتوفير التمويل ووضع التشريع التشجيعى من عمالى ومالى (جمركى) ، ينزو فى بعضه إلى الغلو حتى الحد الاحتكارى . وللتوسع فى التعليم إلى حد الأزمة . وأخيراً نرى محاولات لتأسيس البحوث العلمية على الصعيد الوطنى فتأتى ، هذا إذا أينعت شيئاً ، امتداداً للبحوث النظرية الجارية فى الجامعات على كل حال . دلالة كل هذه المحاولات أننا نفتقد مرتكزاً أصيلا يمكننا من الانطلاق فى التصنيع الحديث . فنبتغيه فى تضخيم هذه العناصر بالإضافة إليها والاستزادة منها ونبتغيه فى نتاج جمعها بعضها إلى بعض . هنا تكمن الخدعة الثانية . إن هذا المرتكز الأصيل ليس أولا كمية مضافة — شىء أكثر من العلم والتعليم — قدر أوفى وأبلغ من التشريع التشجيعى . مناخات تمويلية أكثر مؤاتاة . وهو ليس فى المقام الثانى حصيلة جمع بسيط يجمع العلم إلى رأس المال إلى الموارد الأولية إلى الآلة فتطلع الصناعة . هذا المرتكز الأصيل هو التكنولوجيا الحديثة . أى صناعة استثمار المعارف والموارد من بشرية وطبيعية فى تأليف (ليس جمع بسيط) عملى فاعل معرف ومقبول بنتيجته . تستعمل التكنولوجيا طرائق العلوم الطبيعية من بحث وتجربة واستقراء واختبار ولكن قاعدتها أوسع ومداها أشمل . إنها قيمة مركبة من عناصر مختلفة لكل كميته أو مقداره ولكنها كيف جديد فريد ثورى ، فهى ليست جمعاً بسيطاً ، إنها تأليف مبدع فى انتظام تكاملى على درجة عالية من الحساسية والفاعلية .

الأصالة التكنولوجية هى فى الأساس ككل مذهب أو موقف أو مسلك فكرى تمثل فردى فى الرواد والقادة ولكنها لا تبلغ ملأها إلا بالتمثل الجماعى أو الوطنى . إنها الانتشار الأفقى كمذهب عقلانى وكمسلك عملى فى المؤسسات العامة من تخطيطية وتشريعية وعمالية ومالية وتعليمية وتدريب مهنى وبحوث علمية وفى الصناعة القائمة ذاتها على علاتها . وكل من هذه المؤسسات يلتزم بالتعمق العمودى أى بالاختصاص . ولكن الأفقية الأساسية يتوجب مهما كان التعمق فى نقطة ما الاحتراس من أن يصيبها الوهن .

التكنولوجيا الحديثة أشبه ما تكون بسمفونية عمل وتجربة واستقراء واستنباط ومن ثم تصميم وإشـــادة للمؤسسات الإنتاجية الحديثة بقصد الاستزادة من الخير المادى فلا يطلب من قارع الطبل ونافخ الزمر فى مضارب الغجر أن يخرجا لنا السمفونية التاسعة لبيتهوفن .

وحيث أن الموسيقى السيمفونية ليست تطبيلا وتزميراً كذلك التصنيع الحديث ليس عطارة « كصب الخل بالزيت » ومن ناحية ثانية ، التكنولوجيا الحديثة ليست تأنقاً نظرياً أو تزمتا علمياً ، إنها انفتاح تام على عملية التجربة والخطأ إنها تخطى الدقة النظرية إلى الصواب الفاعل .

فى أوضاعنا العربية الراهنة نصف المصيبة يأتى من العطارة ونصفها الآخر من التأنق العلمى والترفع المتزمت ويتكامل النصفان إلى ملء مستعص جبار .

العلم معرفة خالصة أكيدة مرتكزة على البرهان المادى والاستقراء المنطقى بموضوعية مطلقة والتكنولوجيا هى معرفة علمية واجتهاد: هى تأليف متعددات المعرفة مع حقائق الممارسة والاستثمار للموارد المادية والطاقات البشرية .

فى تشوفنا إلى مستوى المتقدمين ننتقل من العطارة إلى التزمت النظرى ونشجع التأنق العلمى المترفع وحالنا حال من خاطبه المتنبى بهذا القول :

قد استشفيت من داء بداء
وأكثر ما أعلك ما شفا كا

٣ — الإطار التخطيطى لنشوء التصنيع الحديث :

لا ينكر أن نشوء الصناعة يوجب توفر أجواء مالية واقتصادية واجتماعية واستهلاكية وسياسية وتشريعية مؤاتية ، فمتى نشأت الصناعة تصبح هذه عناصر مناخية تحول وتتغير ، تلين وتقسو وأما عنصر الأصالة التكنولوجية فى التصميم والتشغيل والإدارة والاستثمار فإنه عنصر البنية هو ضمانة الثبات على التغير المناخى . أنه العنصر الحاسم فى الآجل .

فى التخطيط الإنمائى العربى يبدو وكأن المخطط قد شغل بتتبع التغيرات المناخية عن عنصر البنية الثابت الحاسم .

أهمية الحاسم فى الآجل أنه أكثر سلامة فى العاجل والأمر دون هذا الاعتبار له مستتبعات ضارة فى الاجتماع والسياسة والاقتصاد . إذ أن غير السليم من الصناعة لا يترك ليموت طبيعياً . فإن هذا غير طبيعى . فالصناعة متى نشأت على أى حال تنشأ معها التزامات اقتصادية واجتماعية وتجارية ومصالح ارتبطت بما أوقف لها من رأس مال غير متحول مما يستدعى لاعتبارات عديدة الحؤول دون موتها ، فتعيش عالة على المجتمع باستنزاف قوى كان من المفروض أن تكون أحد عناصر تدعيمها . وهذا ما يطرح مشكلة مستعصية كان من الأولى ألا تنشأ والعنوان البارز لنجاح التخطيط التصنيعى فى محتوى ما يسمى بالاقتصاد الحر هو الحؤول دون نشوء هذه المشكلة .

من خصائص التصنيع الحديث أنه كل لا يجزأ ولا يختزل أى أن المنطق التكنولوجى مفتوح أبداً على التكامل والتقص كمذهب وكفعل .

ما مترتبات هذا ؟ :

أولها أن الخطط والآراء والنظريات القائلة بتصنيع خفيف دون الثقيل هى نظريات بالية فليس الأمر خفيفاً أو ثقيلا بل ربما أن الثقيل إذا كان يقصد به الصناعات الانطلاقية أو المحورية هو الترتب أصلا والخفيف تابع من حيث إنه يكتسب بالمحورى محوراً وبالصناعات الانطلاقية منطلقاً .

وثانيها ، القول بوطنية الصناعة من حيث الاقتصار على استثمار المواد الخام أو المواد الأولية المتوفرة فى البلاد . هذا القول لا يمس الحقيقة إلا فى هوامشها . فالعالم اليوم متوحد من حيث النقل والانتقال فليس ما يمنع من استجلاب المواد أو المواد الأولية أو الأجزاء واستصناعها أو تجميعها . ومن خصائص التصنيع الحديث المرتكز على الأصالة التكنولوجية أنه عملية تكون فيها ما يسمى « بالقيمة المضافة » على أقصاها وقيمة المواد الأولية على أدناها هذا مع بعض التحفظ لجهة نوع الصناعة . وانجلترا وسويسرا واليابان هى أمثلة على ذلك . وإسرائيل نعم إسرائيل أيضاً . إن العنصر الأكثر ثقلا فى كلف السلعة فى التصنيع الحديث هو الطاقة البشرية المتمثلة فى أداء عال فى إطار الإنتاجية التكنولوجية الحديثة ثم فى المرافق الأساسية المستهلكة فى التصنيع وليس فى المواد الأولية . يجب الإقلاع نهائياً عن نظرية تحرم استيراد المواد الأولية وتصدير المنتوج وتوحى بالسماح باستيراد المعرفة الفنية والطاقات البشرية العالية فى محتوى تصنيعى مبتلى على كل حال باستيراد أجهزة الاستصناع ومرافقه الأساسية لأمد طويل .

وثالثها ، القول إنه فى البلاد الزراعية يجب أن يكون الاتجاه نحو تصنيع المواد الزراعية . خطأ هذا الرأى أن التصنيع الحديث هو قيمة ومنطق قائم بذاته ليس تابعاً لحجم المنتوج الزراعى أو نوعية المواد الخام الداخلة فى الاستصناع والحقيقة الراهنة على العكس من ذلك تماماً فيلاحظ أن الزراعة على مستوى أرقى فى البلاد الصناعية منها فى البلاد المصنفة « زراعية » . واستطراداً لا يمكن فصل شيء اسمه التصنيع الزراعى لا من حيث المنهج ولا الدربة أو المرافق الاستصناعية والهيكلية ولا المواد الخام ، عن غيره من التصنيع .

ورابعها ، أن كل نظريات التجزىء والتخفيض والمقادير والأصناف فى إقامة التصنيع الحديث أو التخطيط له هى نظريات ساذجة انتحارية إذا ما قدر لها أن تصبح واقعاً . وذلك بهذا الاحتساب الأخير . التصنيع الحديث المرتكز على الأصالة التكنولوجية ، على هـذا الانتشار الأفقى فى المؤسسات الوطنية وعلى التعمق العمودى فى كل منها كما سبق وبينا فيما سلف ، يرتب على الدولة والمجتمع أكلافاً عالية . لذلك فالانطلاق فى اتجاه تحقيق أعلى مردود منه لا يجوز لجمه أو حده .

وخامسها ، وهو استطراد الثانى والرابع ، فإن الخطط أو النظريات القائلة بتصنيع لسد حاجات الاستهلاك الوطنى دون التطلع إلى التصـدير هى نظريات خاطئـة . وذلك من حيث :

١ — أن الصناعة التى تستجلب المواد الأولية أو الأجزاء من الخارج وتستصنعها أو تجمعها فى البـــلاد هى صناعة ثانوية — على معناها الحقيقى عملية استقطاب تجارى أو نوع من التجارب الصمدة .

٢ — أن الصــناعة التى تعتمد المواد الخام الوطنيــة وتقتصر على سد الحاجات المحلية إما أنها تمثل واقعاً تصميمياً واستثمارياً غير كامل أو متكامل وهذا خطأ أو تقصير . أو أنهــا تمثل فى منتوجها نوعية غير مقبولة عالمياً أو أكلافاً مرتفعة أو الاثنين معــاً وهذا ما يجعلها غير قابلة للحيــاة إلا فى جو الحماية الوطنية . وهذا النوع من الصناعة يمثل أكثر الزخم وراء الجهد الاحتـكارى فى العــالم المتخلف اليوم .

٣ — من الناحية الوطنية يكون هذان النوعان من الصناعة غرماً على الجهد الوطنى التصنيعى ، فإذا كانت أبعاد هذا الجهد حديثة تـكنولوجية متمثلة بالمؤسسات والمرافق الهيكلية العالية الـكلفة يكون هذان النوعان دون المستوى المطلوب للمردود الاستثمارى العام . وإذا كانت هذه الأبعاد ضئيلة أو منعدمة كان هذان النوعان تربة صالحة لتجذر التخلف والانحدار نحو الاحتـكار .

وإجمالا ، إن هـذه النظريات فى مجملها ومقتضياتها ومطاويها متداولة رائجة ولابرىء أوساطاً تدعى « خبيرة » فى العــالم المتقدم من مسؤولية تداولها ورواجها بيننا نحن المتخلفين . ولقد آن أوان رميها خارج خططنا وتفـكيرنا إلى الأبد . كلام المقادير فى التصنيع وكلام المراحل والمستويات إذ يأتينا نصيحة من خبراء العالم المتقدم هو كلام له خبىء ، وإذا صدقناه حقت علينا بقية قولة المعرى طيب الله ثراه « معناه ليست لنا عقول » .

٤ — بعض المقتضيات الحاسمة فى نشوء التصنيع الحديث :

يحد التصنيع فى البلدان العربية لأمد قد يكون بعيداً عدم توفر الطاقة على إقامة الصناعات الأساسية أى الصناعات التى تنتج سلعاً إنتاجية . وهذا أمر له احتساب كبير . غير أن الانطلاق التصنيعى الأصيل فى الصناعات الاستهلاكية يتوجب أن يستفاد منــه ما أمكن فى أن يخلف تجهيزات ووسائل أساسية لإنتاج أجهزة إنتاجية خفيفة وأجهزة المرافق الاستصناعية وخدمات الصيانة والتعديل .

فى هذا الحين يستبين فى الأوضاع العربية على وجه العموم تخلف عن اقتناص الممكن فى التخطيط والتشريع الإنمائيين .

— فلايفهم كيف أن التشريع فى الناحية العمالية يوجب مثلا على شركات البترول — وهذه مدرسة غنية بإمكانات التمرس فى مناحى التكنولوجيا الحديثة — ومثيلاتها من المؤسسات المتوفرة لها تـكنولوجيا العالم المتقدم أن تعطى أولوية فى الاستخدام والتوظيف للمواطن دون الأجنبى ولا يستطرد من هذا إلى الانتباه إلى نوعية هذا الاستخدام

ومراتبه واختصاصاته — فكان هذا التشريع قد قصدت به مجالات العمل الدنيا — حيث لا اكتساب للمهارة أو للمعرفة الفنية .

— ولا يفهم ألا يفرض تشريعاً على هذه الشركات أن تخلق وتخلف عمليات إقامة منشآتها ، ما أمكن ، وسائل أو مرافق إنتاجية فى البلاد وذلك بذات البساطة التى يفرض عليها أن تستعين بهذه الوسائل أو المرافق إن وجدت . فيتوسع بذلك أساساً المجال المتاح لإقامة بعض من الصناعات الهندسية الأساسية بكلف أسمى للاقتصاد الوطنى . فى مشاريع الإنشاء الكبيرة يمكن تصميم وسائل التنفيذ بحيث يخلف إقامة هذه المشاريع صناعات هندسية معتبرة تكون أكلاف إقامتها قد احتسبت واستهلكت كاملا أو فى غالبيتها فى المشروع الضخم المنشأ .

والأمر الثانى الذى يؤخذ على التشريع والتخطيط الإنمائيين فى غالبية البلدان العربية هو الطبيعة الطليقة للاجراءات التشريعية التشجيعية . فحتى يكون التشريع التشجيعى بالغاً هدفه يتعين أن يحصر أمده ومداه ويرتبط بشروط إنتاجية معينة قابلة للتعريف والتحديد . فالتشجيع متوجب من أجل تقوية أوضاع ضعيفة ولا يقصد به تكريس الضعف ومكافأته . ويلاحظ فى هذا الصدد أن عدم توفر التحديدات العلمية والمعتبرات القياسية الإنتاجية بتصرف الشارع يشكل السبب الرئيسى لاضطراب التشريع ذلك أن المرجعات التشريعية المتوفرة والمتعمدة لا تصلح للقياس والتعريف . فالتشريع يتطلب التحديد وعناصر هذا التحديد من علمية وتكنولوجية غير متوفرة ، من هنا وجوب إقامة ذلك النوع من المؤسسات الهيكلية المسمى بمؤسسات المعايرة وبمؤسسات المعتبرات القياسية واعتبارها فى القانون . وقد بدأت حركة مباركة فى هذا الاتجاه منذ سنوات قلائل فقط فى العالم العربى ولا تزال تحبو . لا غنى عن هذه المؤسسات فى التشريعات المختصة بالتشجيع الإنتاجى والتجارة الخارجية وقمع الغش والمحافظة على السلامة فى العمل ولا غنى عنها فى التجهيز الإنتاجى ذاته تصميما وصيانة وتشغيلا .

والأمر الثالث هو عدم إيلاء تكوين الملاكات الفنية الوسيطة المشتغلين بالصناعة الأهمية المتوجبة . لا تشتد الصناعة فى مواجهة متطلبات الإنتاج الحديث من انخفاض فى الكلفة وارتفاع فى النوعية وثبات فى المقاييس وحسن صيانة — أى صيانة وقائية فاعلة — بسوى توفر المعرفة الفنية والممارسات السليمة فى صلب عملياتها الجارية أى أن هذا الاشتداد هو نتاج لقيمة الملاك الفنى الوسيط الذى يراقب الإنتاج ويمارس الصيانة والتشغيل مباشرة . ويقصد بهذا الملاك الفنيين الذين يمارسون العمليات أو يراقبونها مباشرة وليس المدراء والرؤساء المهندسين ، فأولئك دون غيرهم ، ممن هم أعلى أو أدنى رتبة منهم ، هم الذين يقررون مستوى الأداء والإنجاز .

هذه الملاكات هزيلة فى الصناعة العربية على وجه العموم ويتوجب تقويتها بانتاج عدد أكبر من الفنيين وبمؤهلات أعلى وذلك بتوسيع التعليم المهنى والتدريب الفنى وترقيتهما . من ناحية أخرى ، يتوجب جعل الاستخدام ضمن هذه الملاكات عملا أكثر مردوداً معترفاً بكيانه ومؤهلاته وموجباته ومستوجباته .

والأمر الرابع والأخير هو أن التخطيط للصناعة فى البلدان العربية غير محتسب على العموم للطاقات التنفيذية — والاحتساب للشكل هنا ليس باحتساب . مما يجعله فعلا وهمياً . الخطط لا توضع بناء على نظريات اقتصادية وإحصاءات تجارية ومالية تعكس الواقع التاريخى فى صنع الثورات (كلة لابد منها علمياً) والتصنيع الحديث ثورة طاغية — لا تستنطق الوقائع بل تستقرأ الحاجات والطاقات وتنمى هذه الأخيرة نحو الانطلاق المرجو .

فأول مايوسم به هذا التخطيط هو أنه من حيث المحتوى والمنطق غير تكنولوجى لا يمثل تأليفاً متكاملا متصلاً بالحقائق والطاقات الفاعلة مع التزام تنمية هذه إذا كانت دون المرغوب .

والوسم الثانى لهذا التخطيط هو أنه غير واع أن الأصالة التكنولوجية هى القاعدة الأساسية لقيام التصنيع الحديث وأنها انتشار أفقى وتناسق تام فى المؤسسات العامة لعناصر المعرفة العلمية المنعكسة فى ممارسة منضبطة وأن هذه المعرفة وهذا المستوى من الممارسة أشياء لا تشترى كسلعة ولا يجوز بالنسبة إلى تمثلها اتخاذ موقف الافتراض السهل على أنها موجودة بقدر ما أو قد توجد أو يستزاد منها بمجرد التقدم فيما تعرف فى المجتمعات المختلفة بمجالات التعليم والتنظيم العالى .

وفيما قال وزير الاقتصاد فى الجمهورية العراقية فى ندوة التخطيط التى عقدت فى بغداد فى أواسط كانون الأول الماضى من نقد للخطة الخمسية للتنمية (خطة الثمانمائة مليون دينار) أبلغ وثيقة اتهام لهذا النوع من التخطيط .

٥ — ملامح التقدم الصناعى الحديث :

الآن ما هى ملامح التقدم الصناعى الحديث .

تتميز الصناعة الحديثة عن الصناعة المتخلفة بأن للأولى حساسية إنتاجية عالية وأن هذه الحساسية منعدمة فى الثانية .

ما معنى هذا ؟ ما هى معالم هذه الحساسية وركائزها .

فى إطار التصنيع الحديث تستبين هذه المعالم فى الصناعات المحورية التى تهيىء لنشوء الاختصاص الإنتاجى فى وحدات الإنتاج الاختصاصية ويكتمل بذلك الملء الذى هو الصناعة الحديثة المتقدمة .

الصناعات المحورية ، أو بالنسبة إلى بلد متخلف يخطط للتصنيع الحديث ، قد يصح تسميتها صناعات انطلاقية ، تكون إحدى ثلاث :

— صناعات منتوجات بينية تستصلح مواد خام إلى مواد أولية معرفة هذه ومقبولة فى استصناع لاحق يجرى فى الوحدة ذاتها أو فى البلاد أو يصدر ويستصنع خارج البلاد .

— صناعات إنتاج الأجزاء التى تدخل فى تركيب أو تجميع لاحق وهذه أيضاً قد تجرى فى البلاد أو خارجها .

— صناعات منتوجها الأساسى نهائى (غير بينى أو جزئى) إنما تكون ، أو تجعل لها بالتصميم ، منتوجات جانبية تدعم المحتوى الاستثمارى العام لجهة جعل صناعات أخرى مجدية أو أكثر جدوى وبالتالى توفر أساساً أسلم لإقامة هذه .

منطلق الاختصاص الإنتاجى فى التصنيع الحديث وبالتالى منطلق الحساسية الإنتاجية هو وجود هذه الصناعات المحورية . ويجوز النظر إليها على أنها القاعدة الهيكلية المباشرة التى يقوم عليها التصنيع الحديث . والعبرة هنا أن البنيان بأجمعه قائم على النوعية الموثوقة الثابتة المعرفة فى المنتوجات البينية والأجزاء كشرط أساسى لقيام الاستصناع أو التركيب اللاحقين ونجاحهما .

لا يمكن لوحدات الإنتاج الاختصاصى أن تعمل وتخطط فى غير أجواء هذه الثقة التامة بمنتوج الصناعات المحورية . من هنا وجوب الإتقان القياسى فى التصميم والتنفيذ .

فى صناعات المنتوجات البينية والأجزاء يتوجب التقيد التام بالمواصفات والمقاسات المطلوبة فى الاستصناع أو التجميع اللاحق وذلك على وجه ثابت وحثيث . فدون ذلك لا يمكن الاختصاص الإنتاجى وتبقى تلك الصناعة موسومة بالتخلف . ملامحها التنابذ والتنافر فيما بين قطاعاتها والتزام الوحدة الإنتاجية ، على كره أو من شره ، بعمليات متلاحقة أو بمجموعات كاملة من أصناف المنتوج مما يذهب بالاختصاص

ومستوى الأداء والضبط النوعى مع ما يستتبعه ذلك من انخفاض فى النوعية وارتفاع فى الكلفة وعلى العموم انعدام الحساسية الإنتاجية تماماً .

وأما فى صناعات المنتوجات النهائية ، فيتوجب أن يكون المنتوج ذا جودة مقبولة يمكن تحديدها وتعريفها ثابتة لاتتغير لحصول الثقة اللازمة بين المنتج والمستهلك واستطراداً يمكن للنوعية هنا أن تكون مصنفة أى معرفة ومحددة بمواصفات دقيقة كل مستوى من الجودة متناسب مع سعر المبيع . وهذا مايرتب أصلا أن يكون سعر المبيع متناسباً وأكلاف الإنتاج. وبعبارة أوضح وأوجز أنه فى الاستصناع الحديث يتوجب أن تكون هنالك علاقة مباشرة ذات حساسية بين أكلاف الإنتاج ونوعية المنتوج وذلك ترادفاً وتكاملا .

يتوجب أن ترقى العملية الاستصناعية تصميما وتشغيلا وصيانة وكذلك عمليات الاستثمار والإدارة المساندة لها بحيث يكون التدرج الذى تفرضه الأوضاع التجارية فى أسعار أنواع المنتوج جودة مقابلا بأكلاف إنتاج متدرجة حقيقية .

هذا هو أحد العناوين البارزة للحساسية التى تميز الصناعة المتقدمة .

والعنوان الثانى لهذه الحساسية هو أن تكون نسبة « القيمة المضافة » فى الاستصناع إلى أكلاف التشغيل والإدارة نسبة عالية وصافية ما أمكن — صافية بمعنى أن عناصر رأس المال الثابت والصيانة والمواد الخام أو الأولية لا تتداخل فى هذه النسبة ، نظرياً إطلاقاً ، بمعنى أن التصميم الفنى والتركيز الاستثمارى للمشروع قد صنعا باستراتيجية فنية — استثمارية متكاملة — أى دون أمية تكنولوجية . فلا استنزاف فيما بعد للطاقة على الربح . وبالتالى لطاقة النمو والامتداد .

بناء العمل الاستشارى العربى وتكوين مؤسساته

للدكتور المهندس محمد عزت سلامة

مقدمة :

منذ عهد المهندس المصرى القديم أمنحتب والمهندس العربى ابن الهيثم ومن تلاهم من المهندسين العرب من العهود المختلفة للدولة العربية ، سواء فى طيبة ومنف ، ودمشق وبغداد ، والقاهرة والاسكندرية ، وتونس وفاس ، وقرطبة وطليطلة — خلال تلك الحقبة من التاريخ تطورت المعرفة الهندسية العربية وتميزت فى ميدان العمارة وبناء السدود والجسور ، وأعطت العالم الكثير ومنحت الحضارة الحديثة بداية قوية استطاعت الدول المتقدمة أن تخطو منها خطوات واسعة بعد أن تعرف الإنسان على أسرار الطبيعة وتفهم المادة وخواصها واستكشف مصادر الطاقة ووسائل إخضاعها ، ولقد فتح بذلك إنسان القرن العشرين مجالات جديدة للعمل الهندسى فى العلوم الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية والكيمائية والنووية استخدمها فى التطبيقات التكنولوجية فى الصناعة والبناء والتشييد والنقل والمواصلات وتوليد الطاقة واستخدامها وغير ذلك من المجالات .

ولقد استوعب المهندس العربى كثيراً من مجالات المعرفة الجديدة ، غير أنه اكتفى من هذه التخصيصات الجديدة بمعالجة القضايا البسيطة تاركاً العمل فى الأمور ذات الصيغ المعقدة إلى الخبرة الأجنبية . ولقد كان هذا أمراً حتمياً لافتقار البيئة العربية اجتماعياً واقتصادياً وعلمياً إلى المناخ الملائم لتطور الخبرة العلمية الهندسية العربية فى هذه التخصصات أو حتى لاستخدام الأساليب الحديثة فى ميدان النشاط التقليدى الهندسى العربى فى أعمال البناء والتشييد . ولهذا أسباب عدة ، فالبيئة الصناعية بعاداتها وتقاليدها لا زالت بعيدة عن مجتمعنا . ولذلك فإن فردية العمل وانعزال التخصص ما زالت أمراضاً تعوق نمو العمل الاستشارى العربى من الاتجاهات العالميـــة الحديثة . كذلك فإن مستوى المشاكل الهندسية التى تجرى معالجتها ، ودقة الحلول التى ينبغى الوصول إليها أصبحت تتطلب الاستعانة بأجهزة ومعدات وأدوات باهظة التكاليف كبيرة الاحتياجات من الناحية الإدارية والفنية ، ومن ثم أصبح العمل الاستشارى الهندسى لا يمكن أن يؤدى إلا داخل مؤسسات متخصصة ، وأصبح النجاح فى معالجة المشاكل يعتمد على تعاون فريق من تخصصات متباينة ، واختفى مكان العمل الفردى وأصبح عبثاً يمنع التطور الهندسى الاستشارى المطلوب .

القسم الأول

الهندسة الاستشارية

مجالاتها ومراحلها وتنظيماتها العلمية والتكنولوجية

تشمل أعمال الهندسة الاستشارية المجالات والمراحل الآتيـة :

(أ) دراسات الصلاحية والجدوى الاقتصادية .

(ب) إعداد التصميمات والمواصفات .

(ج) الإشراف على التنفيذ وإدارة المشروعات أثناء الإنشاء .

(د) التفتيش والاختبار للمعدات والمواد والأجهزة .

(هـ) إجراء التجارب ومباشرة مسئوليات الضمان .

(و) الإدارة وضمان الأهداف الإنتاجية والاقتصادية المرجوة .

(ز) بحوث الكفاية الإنتاجية ورفع مستوى الأداء .

وسنتحدث بإيجاز عن كل مرحلة من المراحل المذكورة بورود وسائلها ومتطلباتها التى تحقق أغراضها وأهدافها .

دراسة الصلاحية والجدوى الاقتصادية :

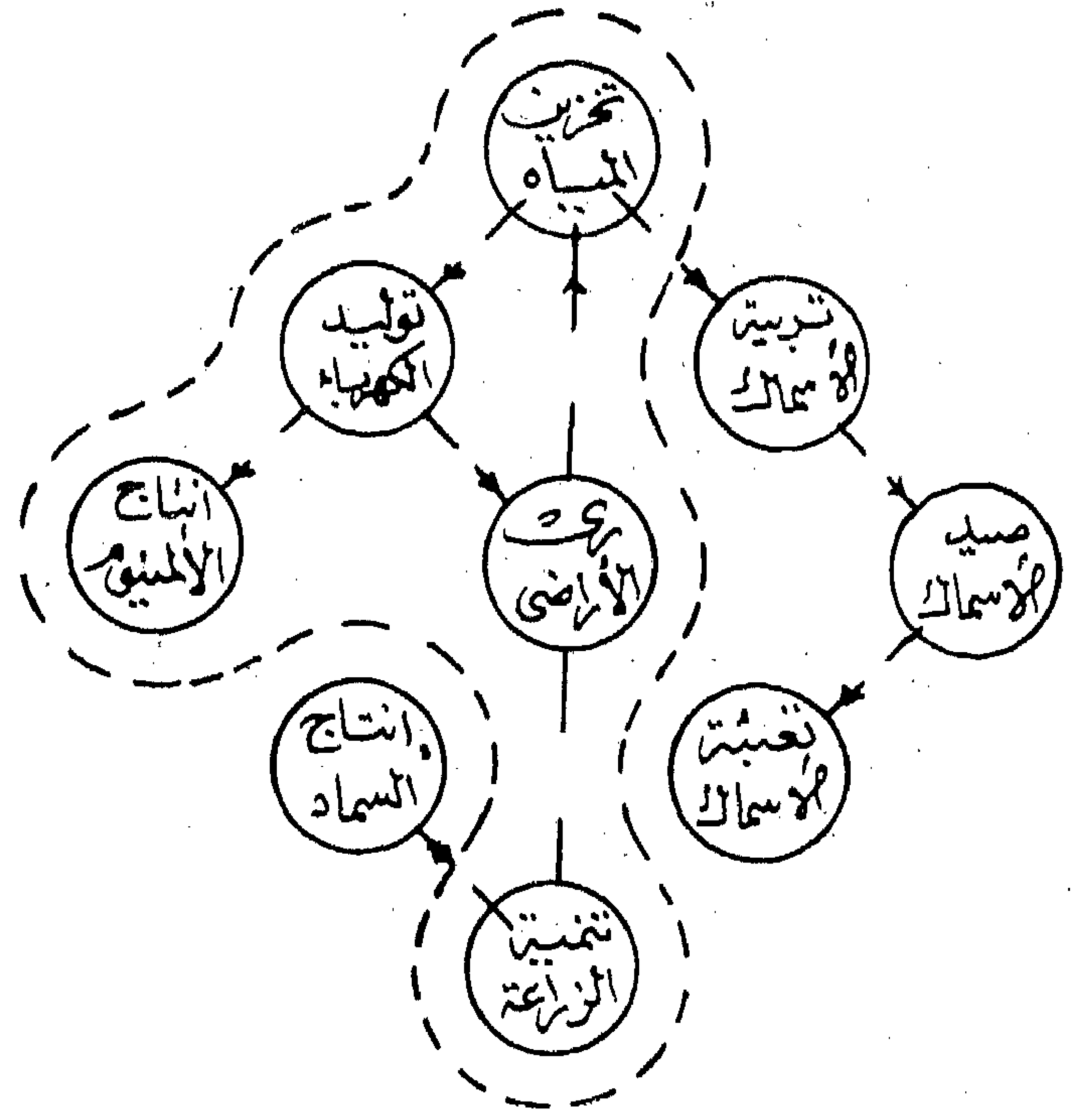
تهدف هذه الدراسة إلى منح المعلومات الكافية قبل المضى فى تنفيذ المشروع لكل من صاحب العمل ومؤسسات التمويل التى سيطلب منها المساهمة فى المشروع ، وكذلك للسلطات الحكومية ، وذلك بالنسبة للدول ذات التخطيط الشامل أو التخطيط الجزئى . وتعتبر دراسة الصلاحية وهى مرحلة التخطيط ، المرحلة الثانية من أربع مراحل متعاقبة تشمل خطوات تنفيذ أى مشروع . والمراحل التالية لدراسة الصلاحية تشملها الدراسات الواردة بالبنود (ب) و (ج) و (د) و (هـ) ، أما المرحلة السابقة ففيها يتحدد الهدف العام من المشروع والمجال الذى سيمتد فيه النشاط .

وتتم دراسة الصلاحية فى كل الأحوال لتبين أفضل الطرق والوسائل لتنفيذ المشروع ، وحتى يتحدد أيضاً برنامج التنفيذ سواء من الناحية الفنية أو المالية . وهى تشمل بجانب النواحى الهندسية والفنية النواحى التجارية والمالية .

والخطوة الأولى من خطوات الدراسة ، وهى أصعبها يتم فيها تحديد مجال الدراسة وحدودها والعوامل الحاكمة ومجالات الحركة عند اختيار الحلول . وكلما اتسعت ومنح الدارس حرية الحركة بالنسبة للكثير من العوامل والمتغيرات كلما أمكن الوصول إلى حل ملائم للمشروع والشكل رقم(١) يبين حالة تتعلق بدراسة أحد مشروعات الرى . ومن الطبيعى أن تمتد الدراسة للتغيرات الآتية :

* مساحة الأراضى التى سيتم ريها .
* طريق توزيع المياه .
* مناوبات الرى (الكمية — التوقيت) .

ولقياس القيمة الاقتصادية للمشروع لا بد من تقدير الزيادة من الإنتاجية الزراعية . ومن الواضح أن تنفيذ هذا المشروع سيغير حتما من التركيب المحصولى وأسلوب تربية الحيوان . ولذلك لا بد أن تجرى فى نفس الوقت دراسة تخطيطية بهدف تبين التركيب المحصولى الأمثل فى ظل المشروع الجديد . وسيظل كثير من التغيرات فى دراسة الرى غير محدد إلى أن تتم دراسة التركيب المحصولى ، وسيكون من الأمثل دمج الدراستين فى دراسة تخطيطية واحدة تهدف إلى اتخاذ قرارات أعم ، وسيصبح من الضرورى شمول هذه الدراسة لأنواع المحاصيل والأسواق ودرجة الميكنة وحجم المزارع ومساحات التجميع وسياسة التسميد وغير ذلك من النواحى الهامة .



شكل (١)
حدود الدراسة

ومن الواضح أن دراسة الرى تتصل بدراسة مصادر المياه وترتبط بها دراسة صلاحية مشروعات السدود والخزانات ، إذ بدون مثل هذه الدراسة قد تبدو الموارد المتاحة للرى محدودة الحجم بينما أنه يمكن تحقيق موارد مائية ضخمة تغير ملامح صورة المشروع .

وربما أسفرت الدراسة التى تشمل هذه النواحى الثلاث عن أن إقامة سد غير اقتصادية من وجهة نظر الرى والزراعة فقط ، بينما تتغير الصورة لو شملت الدراسة جدوى إقامة قوى كهربائية مائية تستخدم فيها الطاقة استخدامات شتى منها رى الأراضى العالية التى لا يمكن ريها بالراحة ولابد من استخدام الضخ ليتسنى وصول المياه إليها .

وقد تمتد الدراسة إلى نواح عديدة لتشمل الخطة الاقتصادية والاجتماعية والقومية ، ولكن هناك ضرورة لأن ندرك الحدود الملائمة للدراسة ونتوقف عندها حتى لا تفقد الدراسة دقتها أو تستغرق زمناً طويلا أو تحتاج إلى تكاليف باهظة . ولكن ليس معنى ذلك أن تضيق حتى لاتأتى القرارات والمشروعات قاصرة عن استيعاب الإمكانيات المتاحة . وفى العادة تستبق المتغيرات ذات الأثر البسيط على الناتج المنتظر . فمثلا فى حالة المثال الموضح فى الشكل (١) فإن مصنع السماد لا يعتبر متغيراً أساسياً باعتبار أن سعر السماد المستورد لن يتغير عن سعر الإنتاج المحلى ، كما أنه توجد عدة مشروعات بديلة لاستخدام الكهرباء بحيث لا يؤثر وجود هذا المشروع قليلا أو كثيراً على استخدام الكهرباء . وعلى العموم فإن اختيار حدود الدراسة لا يخضع لقاعدة واضحة ولكنه يعتمد على الخبرة التخطيطية للقائمين بالدراسة .

نقطة أخرى ينبغى تحديدها قبل إجراء الدراسة ، وهى تتعلق بتحديد هدف المشروع ، وهل هو يعنى فقط بالإستخدام الأمثل لرأس المال وتحقيق أكبر عائد وربح ، أم أن له أهدافاً أخرى اجتماعية أو حربية أو اقتصادية . على كل حال ينبغى تحديد هذه الأهداف تحديداً دقيقاً وفى كل حالة ينبغى أن يظل استخدام رأس المال استخداماً (كفئاً) هدفاً لا نحيد عنه . وربما كان من الملائم ترجمة الأهداف الاجتماعية إلى قيم مالية حتى يمكن تقييم المشروعات تقييماً سليماً .

محتوى الدراسة :

تتضمن الدراسة خمس مراحل : التحضير — البحوث الفنية والاقتصادية — اختيار الحل الأمثل — إعداد تفاصيل المشروع المقترح — وضع التقرير .

والغرض من مرحلة التحضير تحديد المرادفات المختلفة التى ينبغى دراستها ووضع حدود الدراسة واختيار الاعتبارات التى تدرس عند اختيار الحل الأمثل .

أما مرحلة البحوث الفنية والاقتصادية فيتمين فيها دراسة مواضيع متفرقة . فمثلا فى حالة إنشاء مصنع هناك حجم الإنتاج ونوعه وهناك المواد الأولية والخامات ، ثم هناك طرق التصنيع وموقع المصنع ، وغير ذلك من الموضوعات . وتحتاج هذه المرحلة إلى عدد كبير من الإخصائيين ، ولابد أن يخضع العمل لعملية تنسيق من الطراز الأول يمكن منها استبيان عدة طرق مختلفة لمعالجة الموضوع .

أما مرحلة اختيار الحل فيتم فيها الطريق الأمثل الذى يعطى أفضل النتائج طبقاً للاعتبارات التى تقرر الأخذ بها كمقياس لكفاءة المشروع .

وكلما تعددت المتغيرات التى تؤثر على خطة العمل كثرت إلى حد كبير الحدود الممكنة ويصبح من المستحيل الوصول إلى الحل الأمثل بدون استخدام العقول الألكترونية والبرامج الرياضية الإحصائية التى تناسب المشكلة .

أما تفاصيل المشروع فينبغى أن تشمل البيانات الهندسية الكافية لتقدير رأس المال الثابت والعامل والربحية المنتظرة . كما ينبغى أن تحدد التفاصيل الرئيسية للمشروع سواء ما يحتاجه إدارياً وفنياً خلال فترة الإنشاء أو التشغيل .

وينبغى أن يوضح التقرير تفاصيل الدراسات ملخصة فى حجم معقول ومن المستحسن ألا يتجاوز حجم التقرير الحدود المعقولة وأن توضع التفاصيل فى ملحقات بالتقرير . ومن المستحسن ألا يتجاوز التقرير حوالى ١٠٠ صفحة خلاف الملاحق . على أن يتم تصدير التقرير بموجز يستطيع من يطلع عليه أن يحيط إحاطة شافية بالدراسة ونتائجها .

إعداد التصميمات والمواصفات :

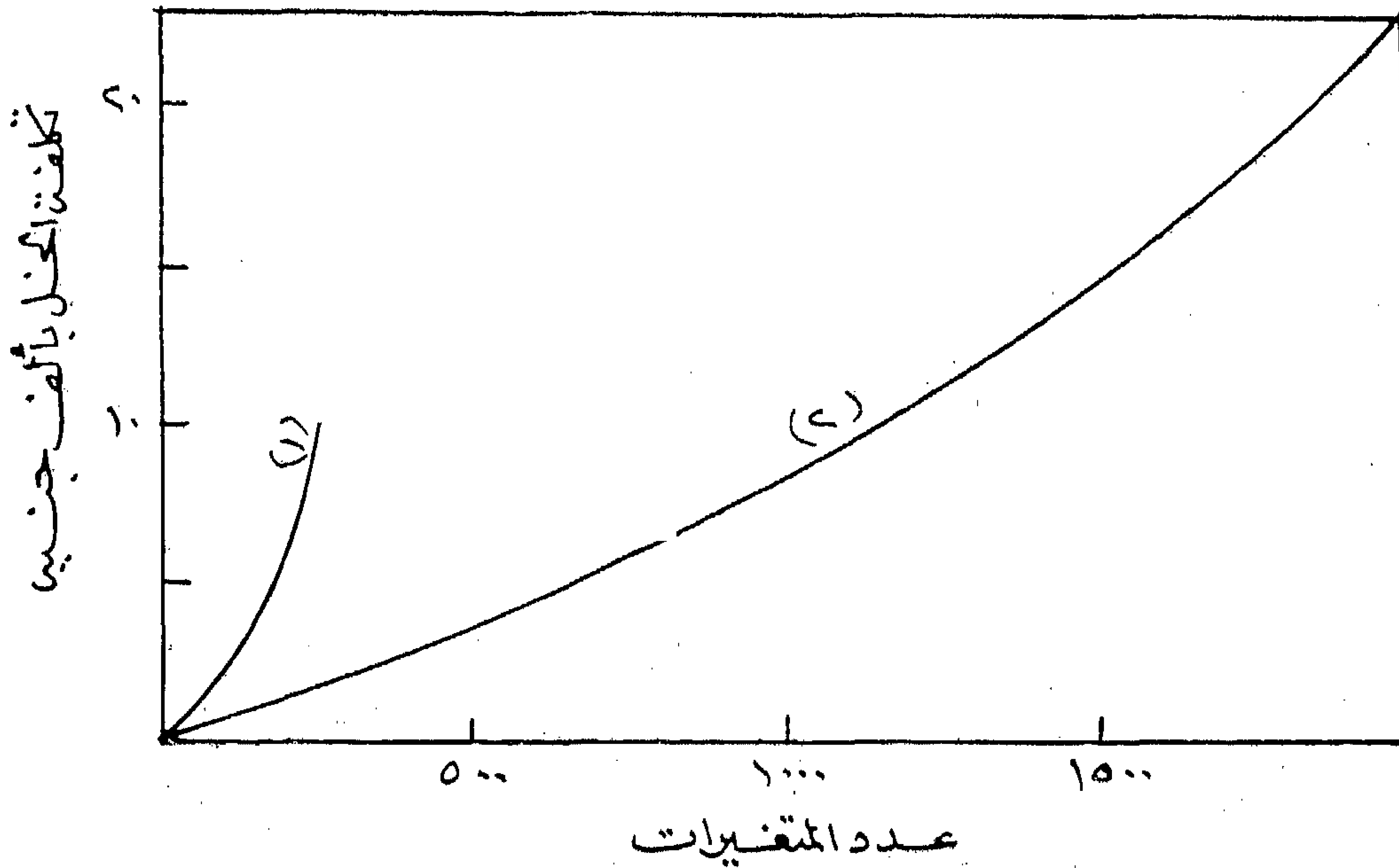
لا يعتبر هذا الموضوع غريباً على أى مهندس فى أى من التخصصات المختلفة ، ولكن الجديد هو الوسائل التى استحدثت فى ميدان التصميم حيث أصبح الهدف الوصول إلى حلول دقيقة تعتمد على العلم والتحليل السليم . وهذا يتطلب إدخال عدد كبير من المتغيرات فى الاعتبار — وعلينا بعد ذلك تقسيمها إلى متغيرات داخلية أى أنها تؤثر وتتأثر بغيرها . ومتغيرات خارجية تؤثر فى غيرها من المتغيرات ولا تتأثر بها . ثم يتم بعد ذلك جمع البيانات الإحصائية عن المتغيرات سواء من العلاقات الرياضية المعروفة أو من البيانات المنشورة أو بإجراء التجارب المعملية ، ويبدأ بعد ذلك صياغة العلاقات بصورة رياضية قابلة للتقدير الإحصائى . وباستخدام العقول الإلكترونية تجرى محاولة لإيجاد الحلول الدقيقة بتكاليف معقولة جداً (شكل رقم ٢) .

وتستخدم هذه الطرق فى حل وتصميم المنشئات المعقدة كالسدود وأبراج التبريد والمنحنيات الخارجية الخرسانية للطلمبات المركزية وأجسام السفن والأجزاء المختلفة للمحركات ومولدات الطاقة النووية .

المهم أن ندرك أن الحلول التقليدية أصبح مكانها غير ملائم للحلول التى يتطلبها العمل الهندسى المعاصر ، وأصبحت المختبرات التى تستخدم طرق القياس الدقيقة سواء الميكانيكية أو الكهربائية أو الإلكترونية أو النووية ذات دور أساسى يستطيع الالتجاء إليها المصمم وبالاعتماد على مجموعة من الإخصائيين والمتخصصين فى العمل بالعقول الإليكترونية أن يتمشى مع احتياجات العصر ومتطلباته .

الإشراف على التنفيذ وإدارة المشروعات :

أصبح الإشراف على التنفيذ يتطلب توضيح البرنامج توضيحاً كاملا باستخدام طريقة (متابعة) المسار الحرج Critical Path Method أو طريقة Pert ومن كلا



الأسلوبين يتم تقسيم المشروع إلى إحداث وتحديد التتابع بينها والتأثيرات المختلفة لكل منها على غيره من الأحداث وبذلك يمكن تمثيل المشروع بشبكة من الأسهم تبين الأزمان التي تحدد تتابع كل حدث بالنسبة للأحداث التي يتجه إليها السهم. ومن هذا التمثيل يمكن اكتشاف الأحداث المقيدة والأحداث الحرة ، كذلك يمكن تحديد إمكانيات المراجعة والتصحيح وأين يمكن أن تقع وأين تحدث (شكل ٣) .

وهنا أيضاً يمكن إجراء المتابعة على ضوء البرنامج الموضوع ثم التصحيح لمكان ضبط التكاليف والمواعيد وذلك باستخدام الجهد البشرى المعتاد ، دون الحاجة إلى العقول الإلكترونية . فإذا زاد عدد المتغيرات أصبح من الضرورى بل من الواجب طرح الأداء الفعلى على العقل الإلكترونى لاكتشاف التغيرات التى يجب التفكير فيها بالنسبة للأحداث الحرة المختلفة . وعلى ضوء ذلك يمكن تدارك الموقف أولا بأول .

التفتيش والاختيار وإجراء التجارب :

يتطلب ذلك الاعتماد على كل مستحدث فى ميدان القياس والاختبار وكلها تحتاج إلى معامل متقدمة وخبرة عالية ، لا بد أن تتوافر إذا كان العمل الاستشارى العربى سينطلق إلى آفاقه الجديدة .

وليس هذا فحسب فهناك طرق التفتيش واستخدام الأساليب الإحصائية للوصول إلى الدقة المطلوبة والكفاءة الإدارية . ونجاح ذلك يعتمد على تقسيم العيوب إلى فئات ، وإعطاء أوزان مختلفة لكل فئة حسب أهميتها وتأثيرها العام على مستوى جودة الإنتاج . وفى العادة يحتاج

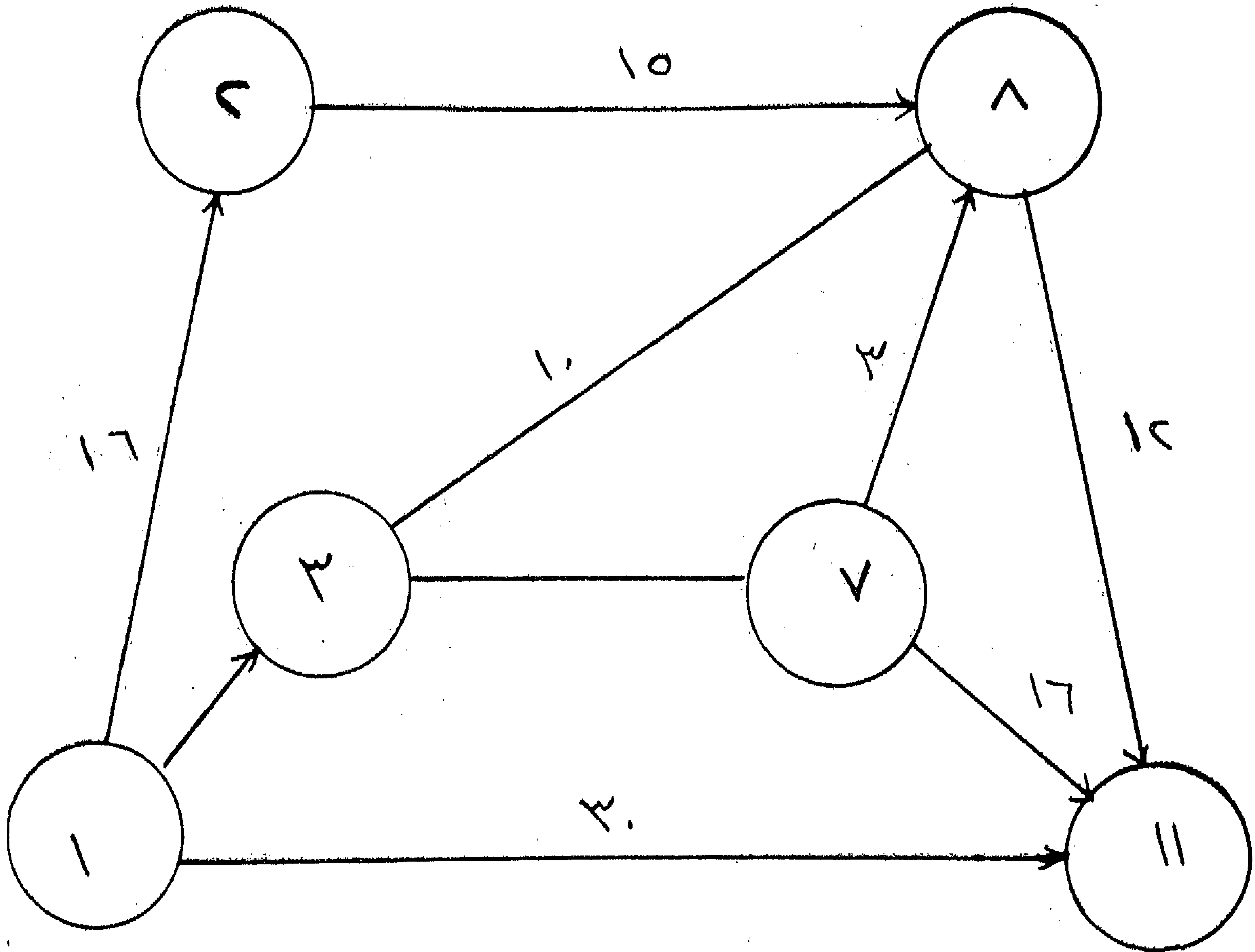
ذلك إلى خبرة والاستماع إلى آراء كثير من المشتغلين بالإنتاج ، والمهم أن نصل بالأسلوب المناسب إلى القدرة على اكتشاف العيوب بحيث يمكن تقييم الموقف تقييماً سليماً .

بحوث الكفاية الإنتاجية :

إن على الإدارة العلمية ألا تقبل أبداً أن أى أسلوب قد وصل إلى حد الكمال . وعليها دائماً أن تبحث عن حلول أفضل أى إنتاجية أعلى تنسخ ما سبق أن طبقت من حلول .

إن بحوث الإنتاجية فى أى عمل إنتاجى أمر ضرورى لمعالجة قضايا الخامات سعياً وراء استخدام مواد أرخص وتحقيق خفض فى قيمة المخزون وإتاحة مجال للاستفادة من المرفوضات أو فاقد التشغيل . كما تعالج قضايا العدد والمرشدات ومعدات مناولة المواد وآلات التشغيل والعمليات الصناعية وشئون العاملين سعياً وراء التحسين وزيادة الإنتاج وخفض تكاليفه وتحسين مستواه .

والأساليب عديدة تجريبية ومعملية فضلا عن البحوث الميدانية ثم التحليل الرياضى والإحصائى . وتلعب العقول الإلكترونية مجالا بارزاً فى هذه البحوث جعل الدول المتقدمة إدارياً فى مركز مرموق اتسعت به الشقة بينها وبين غيرها من الدول وتعددت البيوت الاستشارية فى مجال الهندسة الصناعية والإنتاجية وأصبحت من أجهزتها الهامة فى تحقيق النمو والتقدم .



شكل (٣) العلاقات بين الأحداث عند متابعة السادات الحرجة

القسم الثانى

الموقف الحالى للهندسة الاستشارية

فى البلاد العربية

الهيئات الاستشارية فى البلاد العربية إما مكاتب خاصة يزاول أصحابها المهنة فيها كمهندسين متفرغين أو بجانب وظائفهم خارج ساعات عملهم الرسمى أو بمصالح ومؤسسات حكومية تؤدى عملها لصالح الدولة . وتعمل معظم المكاتب الخاصة فى مجال الهندسة الاستشارية المعمارية والإنشائية وقليل جداً يعمل فى بعض النواحى الاستشارية المكملة للنواحى المعمارية كالأعمال الصحية والتوصيلات الكهربائية وأعمال تكييف الهواء . أما المؤسسات الحكومية فبعضها يعمل فى نواحى الرى والصرف وله فيها دور بارز كما هو الحال وبعضها يعمل فى اختبار المواد . وبجانب هذه المؤسسات نشأت مؤسسات خاصة فى مصر والعراق والكويت تعمل فى دراسة الصلاحية ووضع المواصفات فى مجال الصناعة والنفط والكهرباء ، وكذلك هناك بعض جهات البحث والدراسة الجيولوجية والتعدينية الميدانية والمعملية .

ومع أزدياد حركة التنمية فى البلاد العربية وعلى الأخص فى الجمهورية العربية المتحدة والجمهورية العربية السورية والجمهورية العراقية بدأ الاهتمام واضحاً بتنظيم مهنة الهندسة الاستشارية من جانب جمعيات ونقابات المهندسين واتحاد المهندسين العرب . وتهدف هذه التنظيمات فى العراق مثلا إلى إعطاء الاستشارى العراقى دوراً فى العمل الاستثمارى فى العراق وذلك بتنظيم عمل الاستشاريين الأجانب بالعراق وصدور قرار بضرورة إشراكهم استشاريين عراقيين بنسبة ٢٥٪ على الأقل . كذلك فإن اتحاد المهندسين العرب أجرى مؤخراً ترتيبات يتم بموجبها تسجيل الاستشاريين العرب وتقييمهم وتنظيم مباشرتهم المهنة .

هذه هى الصورة العامة للعمل الاستشارى العربى . وإذا كان حجم الاستثمارات العربية السنوية يزيد على ٢٠٠٠ مليون دولار سنوياً تبلغ الأتعاب الاستشارية عنها أكثر من ١٥٠ مليون دولار ، فإن نصيب الاستشاريين العرب لا يزيد عن ثلاثة أرباع مليون دولار فى أحسن الظروف .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الخدمه الاستشارية التى تنالها الحكومات العربية والمستثمرون العرب تتسم بالانتهازية ورعاية المصالح التجارية للموردين الأجانب أكثر من رعايتها للصالح العربى .

وليس هذا غريباً فطالما تركت الحكومات والمهندسون العرب الميدان خالياً من تنظيم متطور يبعد عن التخصص المنعزل ويلتزم بجماعية العمل وتكامله تسانده مؤسسات وهيئات ومختبرات معملية وحسابية من الطراز الأول — فإن الأمر الطبيعى أن يبقى الميدان خالياً للانتهازيين الذين لا يرون المصلحة العربية . ومن الطبيعى أيضاً أن يظل آلاف المتخصصين العرب بمنأى عن تخطيط وتصميم مشروعاتهم وأن يعلوهم الصدأ وتفقد الأمة العربية المصدر الحقيقى لقوتها وتطورها فى عصر سلاحه العلم والتنظيم والتطبيق التكنولوجى السليم .

القسم الثالث

برنامج عمل الهندسة الاستشارية

فى البلاد العربية

هناك عدة مبادىء لا بد أن ندركها ونحن نخطط لمثل هذا البرنامج :

١ — أن كل كفاءة متخصصة فى البلاد العربية تعمل فى السلك الحكومى أو فى الشركات ينبغى أن تجد فرصتها لتعمل متعاونة مع غيرها من الكفاءات .

٢ — أنه ينبغى ألا ينشأ تصادم بين مصالح الأفراد الحالية وبين أى تنظيم يقصد به دعم العمل الاستشارى العربى .

٣ — أن يجرى تقييم المؤسسات الاستشارية طبقاً لمعايير لا يراعى فيها مؤهلات وخبرة المسئولين فيها ولكن يراعى فيها اعتبارات أخرى منها :

* عدد المشتغلين المتفرغين فى التخصصات الأخرى .

* ارتباطها مع مؤسسات أخرى تمنحها التكامل الذى يتطلبه معالجة الأمور .

* إمكانياتها المعملية سواء للاختبار أو الدراسات الرياضية والإحصائية وسواء توافرت هذه الإمكانيات لتوافر هذه الإمكانيات بها أو لتعاونها مع مؤسسات تمنحها هذه الخدمات .

٤ — أن التعاون الحقيقى مع بعض الهيئات الجادة الاستشارية أمر حيوى . ولكن ينبغى أن يخطط ويرسم بما يحقق نمو الخبرة العربية ومسايرتها للخبرة العالمية .

٥ — أن تساند التنظيم العربى للهندسة الاستشارية الذى ينشئه اتحاد المهندسين العرب القانون ، وألا يترك شأن الهندسة الاستشارية لتصرفات عفوية من جانب المؤسسات المستفيدة قد تعوق تقدم المهنة أو تشجعها دون تخطيط سليم مدروس .

وعلى ضوء ذلك يقترح أن نأخذ بالخطوات الآتية :

١ — ينشأ اتحاد للاستشاريين العاملين بالبلاد العربية يسجل به الاستشاريون العرب وفقاً لقواعد يضعها الاتحاد ولا يمارس مهنة الهندسة الاستشارية بالبلاد العربية إلا من يسجل فى هذا الاتحاد .

٢ — لا يمارس استشارى غير عربى عملا بالبلاد العربية دون التعاون مع أحد البيوت الاستشارية العربية المسجلة .

٣ — يحدد حد أدنى لا يجوز إذا زادت قيمة الأعمال عنه مزاولة الهندسة الاستشارية إلا داخل مؤسسات استشارية متخصصة . والمقصود بالمؤسسات الاستشارية تلك التى يكون لها كيان ثابت ويعمل بها أفراد استشاريون دائمون وتتوافر فيها إمكانيات للعمل المنتظم .

٤ — تنشىء جامعة الدول العربية والاتحاد بكل دولة عربية أو مجموعة دول المعامل والمختبرات اللازمة وتضعها فى خدمة الاستشاريين . ويجوز أن يقوم بتوفير الخدمات بالاتفاق مع المؤسسات والحكومات التى تتوافر فيها هذه الإمكانيات .

٥ — تشجع الدول العربية والاتحاد المقترح الهيئات الاستشارية على إنشاء معاملها ومختبراتها . وتقوم البنوك المختصة بالإقراض لآجال طويلة بتقديم القروض لهذا الغرض بضمان الاتحاد وبناء على توصيته .

٦ — تحول المؤسسات والمصالح الحكومية الاستشارية التى تمارس نشاطاً استشارياً أو التى تصلح لممارسة هذا النشاط إلى هيئات متحررة من القيود الحكومية وتعطى الصلاحيات لتمارس عملها طبقاً للأسس الاقتصادية المعمول بها فى هذه الأحوال وينال العاملون بها أجراً يلائم طبيعة عملهم يحفزهم على النهوض بالمهنة وممارستها ممارسة سليمة .

٧ — تمنح الحكومة العربية والاتحاد والهيئات العربية الاستشارية الدعم الأدبى والمالى والجوائز كلما حققت تقدماً فنياً وعملت على تدعيم إمكانياتها ونشر نشاطها فى القارة الأفريقية وحيثما استطاعت أن تنفذ بنشاطها .

إن التجربة الهندسية فى هذا المجال جديرة بالتنويه ، وقد استطاعت الهند حكومة ومهندسين وفنيين أن تنشىء خلال العشرين سنة الماضية مؤسسات قوية جاوزت الألف تعمل فى جميع الميادين الإنشائية والصناعية والزراعية وفى مختلف التخصصات .

إن تعاوناً عربياً فى هذا المجال هو المدخل الحقيقى نحو تعاون اقتصادى وعلمى من الطراز الأول ، وهو الطريق نحو بناء الأمة العربية بناء حقيقياً قوامه رجال تعلموا وتعاونوا وساهموا بفكرهم وعملهم الخلاق ليكون المهندس العربى جديراً بمسئوليته فى هذا العصر ، قديراً على تحقيق الآمال والخروج بأمتنا من ظلام التخلف إلى أضواء القرن العشرين .

تنسيق وتنمية البحوث الصناعية
في البلاد العربية

للمهندس صلاح عامر

الباب الأول
البحوث عامة والبحث الصناعي خاصة

١/١ — مدلول كلمة البحث والبحوث :

عندما نتكلم عن البحوث الصناعية فلابد لنا أن نحدد معنى ومدلول البحوث الصناعية، خصوصاً وأن كلمة البحوث قد نمى مدلولها فأصبح يمتد في بون شاسع من البحث عن الغامض واستكشاف المجهول — ذلك الذى قد يفضى إلينا بجديد ولم يكن معروفاً ، أو يفضى إلى معارف تبدو لنا مستقرة ، أو يغير من مفاهيمنا في كنه أشياء أو ارتباط أشياء . يتمثل ذلك مثلا في اكتشاف التكوين الذرى ومقنناته وارتباطه التركيبي أو مثلا في اكتشاف طريقة إطلاق الأقمار الصناعية وإكسابها سرعة مستفيضة تضعها في مدار يعلو على سطح الأرض بمئات أو آلاف الكيلومترات بحيث تستطيع التخلص من قوة جذب الأرض بتعادل القوة الدافعة المركزية — كل هذه نتيجة لبحوث تعتبر من مجالات البحث الرفيعة ، ولهذا فإنها تسمى بالبحوث الأساسية . تلك هى القمة العالية لمداول كلمة البحوث ، ولكن هنالك أيضاً مدلول لها يتمثل في بحوث عن علاقات فرعية أو تركيبات مادية أو إحصاءات استقصائية ، وهذا أيضاً دلالة لمعنى كلمة بحوث .. ولكن ليست في مجال كامل الجد ، يتناول مجاهيل متناهية كما هو في الأمثلة السابق ضربها فالبحث في هـذه الحالة هو إلقاء الضوء على نقطة واحدة غامضة ولكن في نهار من الحقائق المعروفة ، وبهذا فإن البحث في هذه الحالة لا يستغرق وقتاً طويلا فهو وإن كان يهبط عن سماء البحوث الأساسية ، إلا أنه يعلو على الدراسة الاستنتاجية العادية التى تلقى ضوءاً من معارف يقينية على غامض فتتضح منه الحقيقة وينجلى المجهول .

٢/١ — البحث الصناعى :

وبعد تلك المقدمة فإنه لا بد لنا من تحديد مدلول البحوث الصناعية ، وفى هذا التحديد — تجريد لها من لبس أجده في أغلب الأحيان ضاراً ، يوقع الكثيرين في جو من الإشفاق بل الخوف والهلع . . وخصوصاً في حالة مثل حالة الدول العربية ولا زالت فيها دول على عتبة التصنيع وأخرى لم تتجاوز في تنميتها الصناعية إلا بضع خطوات وعلى أقدام يعوزها الرسوخ ، وإننى أقول أن السبيل إلى هذا الرسوخ هو الإقدام على البحوث الصناعية .

إن البحوث الصناعية ليست في السماء المرتفعة التى تجرى فيها البحوث الأساسية عادة وإن كانت في البلاد المتقدمة قد

ارتقت إلى تلك السماء ، ونحن فى مرحلة الأخذ بتلابيب التصنيع قد لا نقدر إلا على النقل أو الاقتباس فى المرحلة الأولى ، وهذا فى حد ذاته بالنسبة لنا يعتبر بحثاً . فمدلول البحث فى هذه الحالة هو اجتلاء المجهول لنا الذى هو التصنيع ، وأن المهندسين والفنيين الذين ينبرون لهذه المهمة هم من الطلائع ، ولا بد أن تتوفر فيهم سمة الباحثين . ولهذا فإن مدلول كلمة البحث الصناعى الابتدائى فى بلادنا العربية أو فى أى بلاد تجتاز مثل ظروفنا يغطى هدف المعرفة المنقولة من الخارج أو ما يطلق عليه الحصول على الأسرار الصناعية بالجهد المحلى أو عن طريق التعاقد .

٣/١ — اكتساب حق المعرفة شراء للبحث الصناعى :

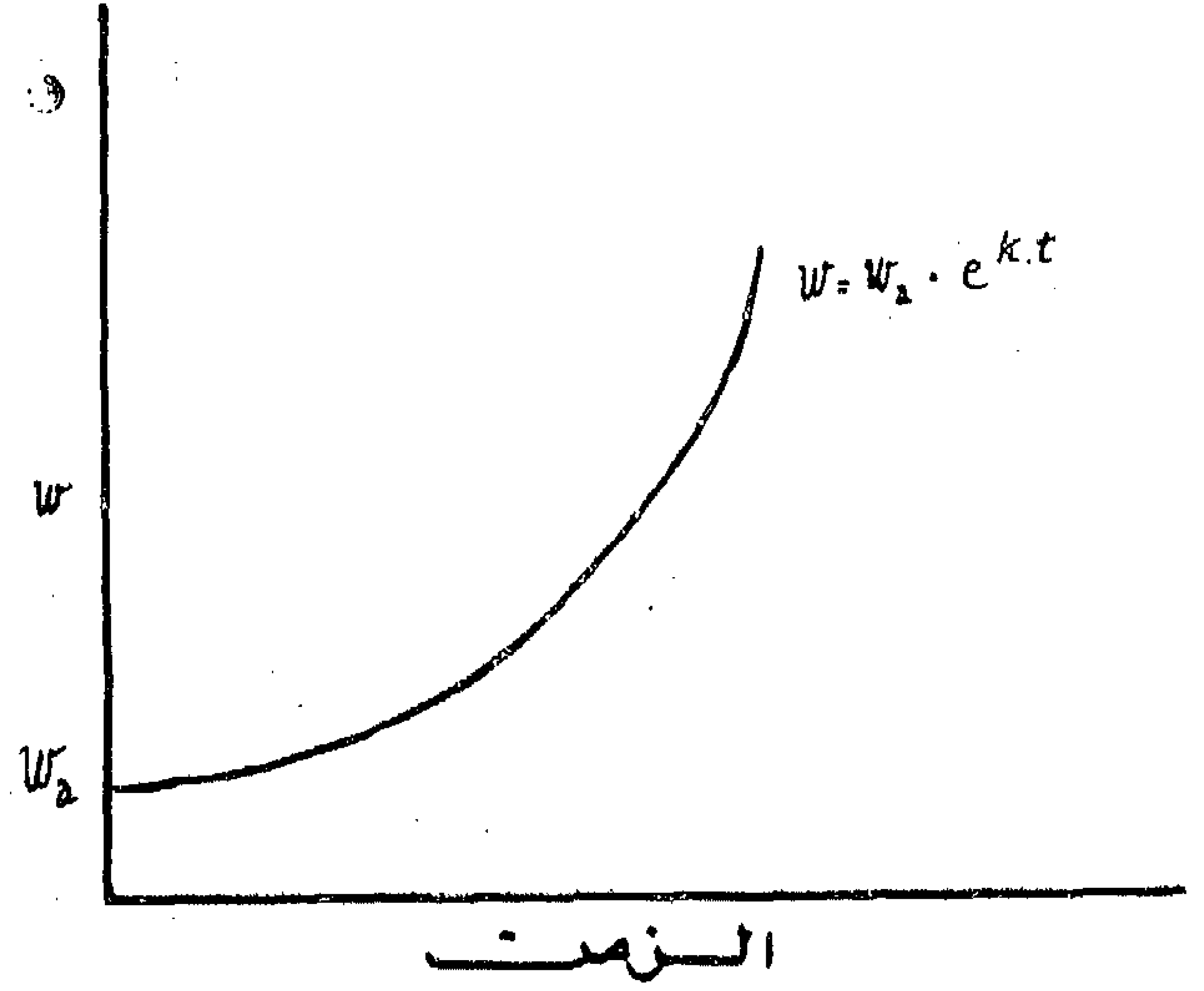
إن السعى الصحيح لطلب حقوق المعرفة يحتاج إلى دراية ولا يمكن أن يقتصر على مجرد عملية شراء لوثائقها أو انتداب لخبرائها من الخارج ، بل إن إدخال الصناعة يقتضينا بحوثاً كثيرة أولها طبعاً هو استقصاء مدى الاحتياج إلى سلعة معينة وتحديد مواصفاتها ثم قياس الطلب عليها ، ثم الانتقال بعد ذلك إلى درجة من التفصيل يستدل بها على ما نستطيع أن نوزعه من السلعة ، وعن ثمن ما نبيعه بحساب الأسعار التى سندخل بها فى مجال المنافسة فى الأسواق . ويأتى بعد ذلك جانب ذو أهمية فائقة وهو كيف نستطيع عن طريق التصنيع لا عن طريق الإتجار إنتاج هذه السلعة بتكلفة تمكننا من المنافسة ، وهذا التفصيل يقتضى دراسة مستفيضة لعملية الإنتاج ومقتضياتها من إمكانيات .

ولهذا فإنه لا بد أن نطرق عملية التصنيع واحتياجاتها وكذلك الأيدى العاملة وتدريبها وتوفرها . كل هذه المباحث أو البحوث ، هى أيضاً من مستلزمات البحوث الصناعية ، ولا نريد فى هذه الدراسة أن نتناول موضوعها رغم أهميته الكبرى ، ورغم أن آثاره تمتد إلى مستقبل طويل من عمر أية صناعة . فهذه البحوث من قبيل الدراسات الاقتصادية ولكن ما يعنينا هو ناحية البحوث المتعلقة بتكييف الإنتاج ، وتطويره أو ترقيته والسهر على تنويعه وتنميته ، صعوداً نحو الجودة المتناهية وكذلك حل مشاكل الإنتاج فى ذاته سواء أكان ذلك أسلوباً صناعياً أو مستلزمات للانتاج .

٤/١ — مواصفات التقدم العلمى المعاصر وتقسيماته :

يتصف التقدم العلمى فى القرن العشرين بأنه عملية بناء التقدم، والتقدم الذى هو نتاج البحث العلمى، هو ما نشاهده من مدنية وحضارة أساسها قدرة الإنسان على الصناعة ، ومعرفته بالقوانين التى تحكم كثيراً من القوى الطبيعية المؤثرة على حياتنا . وعملية البحث العلمى تسير فى دورة رائعة تبدأ فى العقول الموهوبة التى اكتسبت صيغة التفكير الصحيحة ، فبين تأمل وافتراض ثم تفكير تنير لنا السبيل إلى حقائق جديدة ، قد تكون علاقة لم تكن معروفة ، أو مادة أو مواد يؤدى اختلاطها أو تلاقؤها إلى توفير مادة لها صفات أو خواص لم يمكن الوصول إليها بعد وهكذا ، ثم تمتد دورة البحث العلمى، بأن تزحف هذه الحقائق الجديدة إلى معامل أخرى هى معامل التكنولوجيا . وفيها علماء من نوع آخر ، لهم صيغة التفكير الصحيح المستقيم القادر على الخلق والتكوين والتصميم ، وهم أولئك الذين يعرفون ما يملأ دنيانا من آلات وسلع مختلفة وما ينقصها كذلك ولا يستطيعون توفيره ، لقصور فى المعرفة . وعلى ضوء المعارف الجديدة القادمة يحدثون التقدم على شكل تصميمات وابتكارات تجرى صناعاتها وتجربتها — وهكذا تتردد عملية البحث العلمى بين البحث الأساسى والتصميم التكنولوجى .

درجة نمو التقـدم العلمى :

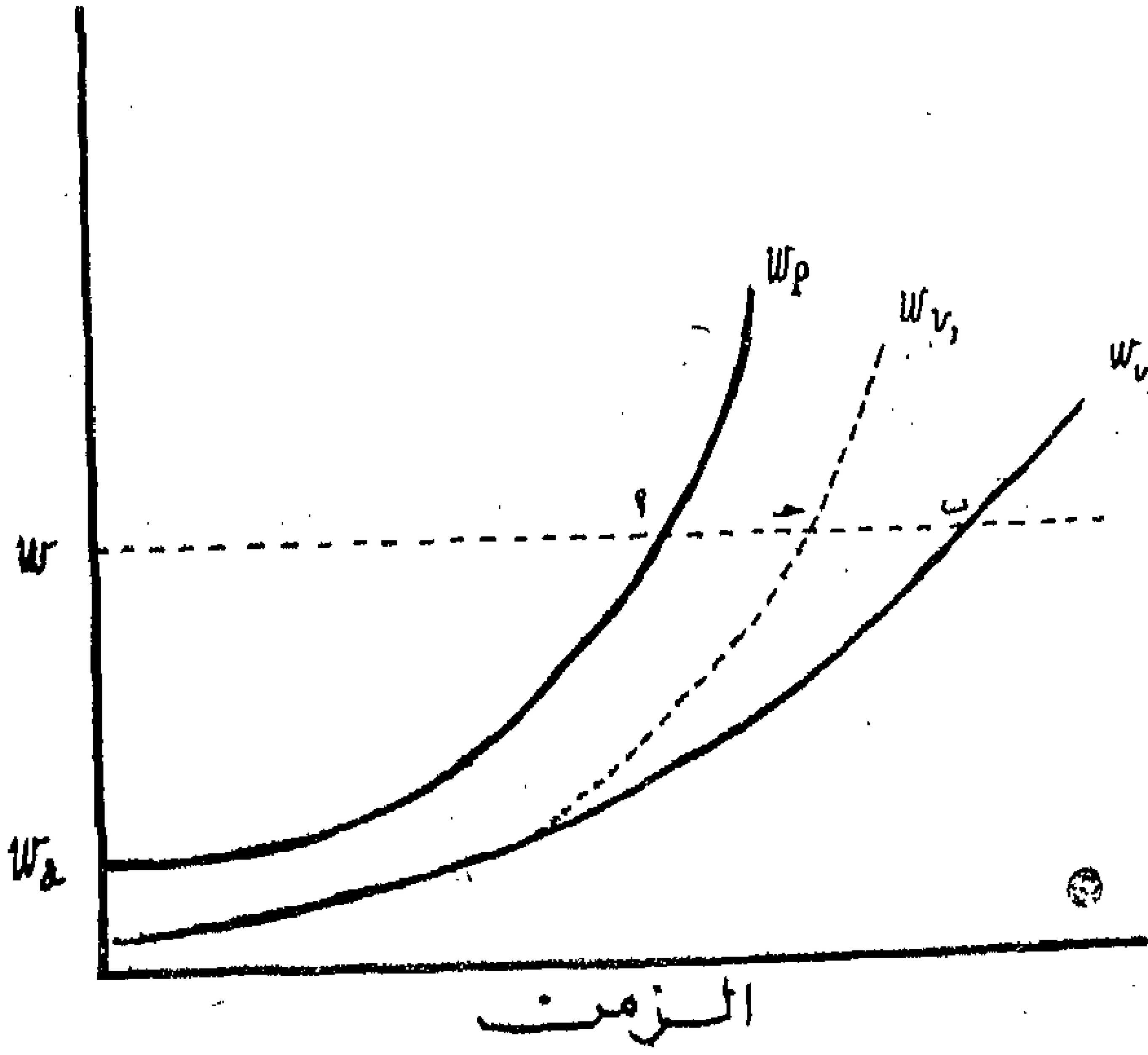


دلالة التقدم العلمى عند نقطة الابتداء — W_a
دلالة التقدم العلمى بعد أى فترة زمنية — W
معامل ثابت قيمته ٠,٠٧ — K
e = ٢,٧١

ومن هذه العلاقة يتبين أن الرصيد العالمى من التقـدم العلمى ، يتضاعف فى فترة زمنية من ٨ إلى ١٠ سنوات ، وهذه العلاقة تمثل متوسط معدل التقدم العلمى فى مختلف الفروع العلمية ، وهى تختلف من فرع إلى آخر . ففى حالة الالـكترونيات وأشباه الموصلات تقدر الفترة اللازمة للمضاعفة بنحو ٥ — ٦ سنوات .

مرحلة انتقـــال البحث العلمى الجديد إلى التصميم التـكنولوجى والإنتاج :

إن الفترة التى تنقضى بين (أ) ، (ب) هى الفترة التى يستغرقها العلم المستكشف أو المعارف الجديدة حتى تتحقق الاستفادة منها على صورة منتج . ولو أمكن تعديل المنحنى W_v إلى W_p فإن التوازى بين منحنى البحوث الأساسية والبحوث التـكنولوجية يتحقق وتتم الاستفادة من التقدم العلمى بنفس المعدل السريع الذى ينمو به ، وهـذا التعديل



منحنى الإنتاج العلمى فى مستوى البحوث الأساسية — W_p
منحنى التصميم التـكنولوجى والإنتاج — W_{v_1}

يؤثر على اندثار الوسائل القديمة لتحل محلها وسائل جديدة .

إن سرعة التقدم العلمى المذهلة بشقيه سواء الأساسى أو التكنولوجى تؤدى إلى سرعة اندثار الوسائل والأساليب وسرعة تجددها وهو ما نعبر عنه بالتقدم .

والجدول التالى يبين بعض الحقائق :

(أ) معدل الاندثار المخترع الجديد	(ب) الزمن الذى يقتضيه الوصول إلى الاختراع	(ج) الحياة أو العمر بعد الإنتاج
٢٠	٥	١٥
١٥	٣	١٢
١٠	٢	٨

وهكذا فان التقدم العلمى السريع الذى يتمثل فى (ب) يؤدى إلى قصر عمر المخترعات وسرعة تجددها .

وللوصول إلى هدف التقدم العلمى السريع فانه يجب تحقيق الكثافة العالية لقوى البحث وذلك بزيادة عدد المهندسين القادرين عليه وغيرهم فى التخصصات الأخرى .

الباب الثانى
البحوث استثمار اقتصادى

٢/١ — ارتباط حركة التقدم الصناعى فنياً أو مادياً بحركات البحوث :

عندما نتكلم عن الارتباط المادى بين التقدم والنمو الصناعى ، وبين التقدم والنمو البحثى ، فاننا فى الحقيقة نقول شيئين بديهيين بالنسبة لإنسان القرن العشرين ، ذلك الإنسان الذى تفتحت عيناه على عالم متحضر تلعب الآلة والطاقة المسخرة فى حياته دوراً يبرز فى كل شىء . وكذلك تفتح عقله على معارف علمية يقرؤها على شكل نظريات طبيعية ورياضية ، ثم يجدها مطبقة فى حركة الآلة التى تسير وتنهب الأرض والفضاء ، أو فى تنوع الطاقة التى يتاح له استخدامها فى إحداث الحركة ، ومثل هذه الرؤية كانت غامضة فى حضارات سابقة مثل الحضارة الإغريقية ، فانها لم تستطع تصور جدوى وأهمية وفعالية التطبيق العلمى ، بل لقد وضعت حداً فاصلا بين العلم والصناعة ، بل وضعت مقياساً أخلاقياً واجتماعياً حاجزاً بينهما بحيث اعتبرت الحضارة الإغريقية أن نزول العلم دكاكين وورش الصناعة امتهاناً للعلم والعلماء ، وبهذا حرمت الحضارة الإغريقية من جذور عاتية للقوة أدى فقدانها إلى تدهور وزوال تلك الحضارة .

وفى عصرنا الحاضر يبدو التطبيق العلمى ، بل وتصنيع العلم وكأنه المبتغى الأول بل هو المحور الذى تدور عليه عجلة الحياة ، ولو تأملنا مدى التفاعل والانعكاس بين التقدم العلمى نتيجة البحوث والنمو وبين التطور الصناعى نتيجة التطبيق العلمى المعاصر لوجدنا تفاعلا على محور واحد يجرى فيه التأثر والتفاعل فى كلا الاتجاهين . فبينما كانت الحضارة الإغريقية تقدس التقدم العلمى والفكرى والنظرى المجرد ، وتنأى عن الهبوط به إلى مستوى الصناعة والصناع ، فإن الحضارة المعاصرة قد صيغت فى مفهوم المصلحة المتبادلة . فالاتفاق على التقدم العلمى مثلا يستمد معينه من العائد المادى الذى يتحقق من تصنيع العلم وهو ما اصطلحنا على تسميته بالتكنولوجيا فهذه كما قلنا سنة الحضارة المعاصرة صاغت حياة الإنسان المعاصر على أساس من المدنية ، مقتضياتها أن يتزود الإنسان بسلع مصنوعة بعضها ضرورى ، وبعضها كمالى لتوفير رغد العيش والمتعة بل وفى سبيل تكوين المجتمع القوى القادر على إخضاع نواحى الطبيعة السلسة لإرادته ، وكذلك توقى نواحيها العاتية . وعلى أساس هذا الارتباط بين العلم وتصنيعه تسير حركة زاحفة مقدسة من البحث واجتلاء المجهول على التوازى مع إنتاج صناعى يتطور اليوم عن الأمس ويتطور فى الغد عن اليوم . وتصنيع العلم هو نوع البحوث التى تلائم الصناعة ، بل هو القاعدة التى يقوم عليها الإنتاج الصناعى ولا بد لنا دائماً من أن نميز بين :

١ — التصميم أو البحوث الصناعية .

٢ — الإنتاج الصناعى .

وهذان الجانبان هما الدعامتان اللتان ينبنى عليهما تزويد الإنسان باحتياجاته من السلع ، ولكن البدء الصناعى الحقيقى فى الدول النامية لا بد أن يخطو الخطوة الأولى .. إما اعتماداً على الخبرة والمعرفة المحلية ، أو يلجأ لتأسيس الشطر الأول من القاعدة الصناعية وهو التصميم الصناعى إلى شراء هذه التصميمات وحق إنتاجها وهو ما يساهم كثيراً فى التعاون ، بين الصناعات المختلفة تعاوناً يعود بفائدته على أطراف

التعاون ، وهو فى الحقيقة استثمار لتكاليف التصميم أو البحوث الصناعية . فإن العائد من بيع المعرفة والحقوق المتجمعة عن ذلك هو بمثابة تحصيل لما أنفق على البحوث الصناعية والتصميم — وهذا الأسلوب أصيل فى التعاون بين الصناعات الكبيرة ولكنه استخدم فى التعاون بين الصناعات الكبيرة والصناعات الناشئة ، وهو على هذه الصورة تعاون غير متكافىء ، وإننى أفضل تسميته بعملية بيع وشراء لحق المعرفة ينشأ بين صناعة متقدمة تملك المعرفة والخبرة ، وبين جهة استثمار لا تملك المعرفة والخبرة ، ولا تملك وسائل امتلاك زمامها لفقدان الجهد العلمى الصناعى ، أو لعدم توفر الوقت الكافى الذى يقتضيه البحث .. ولهذا فإن الحصول على الترخيص بصناعة منتج يعتبر أيسر سبيل لبدء المرحلة الثانية من قيام الصناعة وهى الإنتاج والقفز طفرة واحدة إلى المرحلة الثانية قبل امتلاك إمكانية التصميم والبحث الصناعى المحلى استثناء ولا يجوز أن يكون قاعدة دائمة ، ولو أن لهذا الاستثناء فوائده الكبيرة فى تدفق الإنتاج ، إلا أنه فى الحقيقة لا يحقق فكرة التصنيع أو النمو الصناعى بكامل أبعاده علاوة على أنه من الناحية الاقتصادية يضيف إلى تكاليف الإنتاج الصناعى بمقدار ما يدفع كنسبة من قيمته ثمناً لامتلاك حق المعرفة .

ولا بد لنا من أن ندرس الصورة الكاملة للصناعة التى تشترى التصاميم والبحوث من الخارج ، إذ أن هذا السبيل هو المتبع عادة فى إقامة الصناعات فى بلادنا العربية .

٢/٢ — تأسيس الإنتاج الصناعى بشراء حق المعرفة :

هذا التأسيس يقوم على عقود اتفاق تبرم بين طرفين أحدهما هو المستثمر الجديد والطرف الثانى هو جهة صناعية كبرى تملك المقومات الصناعية بحذافيرها من قوى للتصميم ، والتطوير والبحوث الصناعية ، إلى وحدات إنتاج ضخمة ، وتكون بهذا الامتلاك ذات قدم راسخة فى صناعة معينة ، وأدى رسوخ قدمها إلى أن إنتاجها من السلع المعينة قد أصبح معروفاً دائماً ، وتحدد قيمة تجارية وعلامة يشهد لها المستهلك بالتفوق على غيرها له .

وتقضى عقود منح حق المعرفة بأن ينال الطرف الأول وهو المستثمر المشترى كافة نواحى المعرفة عن إنتاج السلعة من أسلوب الإنتاج ، إلى الوثائق المحددة لتصميم المنتج ، إلى المواصفات الفنية سواء بالنسبة للمنتج النهائى ، أو بالنسبة للمواد اللازمة لإنتاجه كما يعطى الحق لمشترى حق المعرفة ، باستئجار خبراء من الطرف الثانى يتولون بعض الأعمال الفنية فى أى مرحلة تتطلب ذلك ، وكذلك يمكن للطرف الأول المشترى أن يرسل فنيين إلى مصانع الطرف الأول للتدريب على مراحل الإنتاج ، أو التحضير للانتاج أو لفحص الإنتاج ، ومراقبته ، إلى آخره . وأما ما يناله الطرف الثانى وهو فى هذه الحالة البائع الذى يملك أسرار المعرفة وحق التصنيع للمنتج فإنه فى الحقيقة هو مقابل ما يعطيه ، ويقدر عادة بنسبة يتقاضاها من ثمن بيع الإنتاج ، وقد يحدد حداً أدنى لإجمالى ما يتقاضاه . كما أنه يتقاضى أجور الخبراء الذين يطلب الطرف الأول انتدابهم إلى مصنعه لأداء مهام معينة .

* أن هذا الأسلوب هو الأسلوب الدارج والمعتاد فى تأسيس أغلب الصناعات فى العالم العربى ، وهو أسلوب يؤدى إلى نجاح فى إقامة قدم صناعية واحدة تتمثل فى خطوط الإنتاج . أما القدم الصناعية الثانية فهى فى الخارج فى مكان صناعى آخر ، تتوفر فيه إمكانية التصميم والتطوير والبحث والتدقيق والمعرفة التى تنمو وتتقدم فى مجال صناعى نوعى معين .

* وكذلك فإن هذا الأسلوب من ناحيته الأخرى يضيف إلى تكاليف الإنتاج الصناعى قيمة المعولة والأجور التى تدفع لتلك القاعدة الصناعية الأجنبية الخارجية ، ولكن الخبرة تدل على أن هذه الإضافة على التكاليف ، وخصوصاً فى مرحلة بدء الإنتاج ، ترفع تكاليف الإنتاج عن المعدل

العالمي . وبالتالي فإنها لا تمكن في أغلب الحالات من دخول الأسواق الخارجية وذلك بسبب عدم القدرة على المنافسة ، وإن كان الأمر يختلف بالنسبة للسوق المحلية حيث تتوفر مزايا إعفائية سواء من الرسوم الجمركية أم أية مزايا أخرى في شكل حماية الدولة لصناعاتها .

* وإذا فحصنا الموقف بالنسبة للنمو الصناعي بعد المرحلة الأولى . لوجدناه أكثر إظلاماً إذا ما استمر الاعتماد على وجود القدم البحثي للصناعة في الخارج . فإن أي نمو للصناعة الجديدة يؤثر عادة على الطرف الثاني في مجال التوزيع ، والسيطرة على الأسواق ، ولهذا فإن الطرف الثاني يتردد أو يمتنع أحياناً في إعطاء حق المعرفة عن التصميمات الجديدة احتفاظاً لنفسه بالسبق إلى الأسواق .

وبذلك تبقى الصناعة الجديدة كسيحة حبيسة التسلط الأجنبي على مقدراتها مما لا يجعل هنالك أي مفر من امتلاك وسائل البحث والتصميم التكنولوجي الملائم لنوعية الصناعة وكجزء أساسي من المصنع ذاته ، وهو ما نسميه (بالكيان الصناعي المتكامل الذي يقف على قدمين في أرضه أحداهما القدم الأساسية وهي قاعدة البحث والتطوير والتصميم . والثانية وهي الغاية وتمثل قاعدة الإنتاج) .

٣/٢ — لا بد من هضم حقوق المعرفة المشتراة نواة للبحث العلمي التكنولوجي الخاص :

كما سبق وقلنا إن التأسيس الصناعي الواعي رغم أنه يعتمد على شراء حق المعرفة إلا أنه لا يغفل أن انسياب الإنتاج ، وبدء توزيع المنتج على هذا الأساس هو أمر مرحلي ، ولا بد أن يبدأ في نفس الوقت تأسيس مركز التصميم والبحث التكنولوجي ، وأن عقود حق المعرفة تعطى الحق في تدريب العاملين بمصانع الشركة البائعة ، وكذلك تعطى الحق في الاطلاع على مواصفات وتصميمات المنتج ، والأساليب الصناعي . وهنا تكون فرصة هائلة لتدريب المصممين ، وإطلاعهم على المستوى الصناعي الأعلى في مصانع متقدمة ، سوف يتيح لهم كذلك فرصة اللقاء مع ذوي الخبرة الكبيرة من المصممين والباحثين في مراكز صناعية متقدمة ، ولا بد لنا من رعاية حقيقية هامة في هذه المسألة وهي أنه لكي تتحقق هذه الاستفادة ، فلابد لكل صناعة ناشئة من الاعتماد على من يؤهلهم تعلمهم وخبرتهم السابقة من القيام بهذا الدور . ولو أن ظاهر هذا الدور تم فيه عملية نقل واقتباس إلا أن النقل والاقتباس كي يتحقق بما يتلاءم مع صالح الصناعة الجديدة يحتاج إلى مستوى من الخبرة والمعرفة لابد من العناية بتوفيره . فمثلا عقود حق المعرفة ، وإن توفر فيها تساوي القيمة المادية بين البائع والمشتري إلا أنه لايتم فيها التساوي في المعرفة والخبرة الصناعية موضوع التعاقد ؛ ولن يعتني البائع باستكمال هذا النقص في جهة الشراء والحال هو أنه سيحاول الاستفادة من هذا الوضع لصالحه . ومجالات الاستفادة متعددة تتمثل إما في تقديم معارف ناقصة وغير تفصيلية ، أو تكفي فقط لقيام الإنتاج دون ما يلزم من إجراءات القياس والاختبار أو دون تقديم مستندات المواصفات والتصميم شاملة كافة تفصيلات حسابات التصميم مثلا . بل وهنالك ما يحاوله بائع حق المعرفة دائماً استئصالا للقدرة على المنافسة من إباحة الأسرار المتعلقة بمنتجات متخلفة ولو قليلا احتفاظاً لنفسه بميز السبق الذي يمنع المنافسة . . ولذلك فإن التأهب والتزود بنواة من الباحثين والمصممين لأي مصنع أمر لا مفر منه منذ فترة التأسيس وحتى مع وجود عقود حق المعرفة وذلك درءاً لأي مشكل قد يحل في المرحلة الأولى وكذلك لبناء القوة الذاتية للتصميم والبحث العلمي في فترة ما بعد التأسيس

٤/٣ — الهوة السحيقة بين المستويات التكنولوجية النامية والدول المتقدمة :

لا مجال مرة أخرى لكي نبرهن على أن البناء المعاصر لحضارتنا يعتمد على المعارف التكنولوجية ، وأن الانتقال من

الحضارات القديمة التى اندثرت وانهارت إلى حضارة القرن العشرين التى تخضع وتسيطر على المادة والطاقة والفضاء يعتمد على التكنولوجيا (تصنيع العلم) ، وأن الصورة الحضارية لدول العالم ذات وجهين أحدهما تبدو فيها دول متقدمة جداً تملك أغلب المعارف التكنولوجية التى يفتخر بها القرن العشرون ودول أخرى نامية مجاهدة تحاول أن تصل إلى مصاف تلك الدول ، والوصول لا يتم إلا بامتلاك المعارف التكنولوجية ، ولا يمكن أن يتحقق ذلك الامتلاك باقتناء الكتب والوثائق والنظريات ، فان المعارف التكنولوجية هى فى الحقيقة قدرة عملية أكثر منها معرفة مكتبية أى أن كلمة المعارف التكنولوجية هى نوع من المعرفة التى يعمل بها ، ولا قيمة لعلم لا يعمل به . وهى لا تكون فى صورة مكتبات ولكن فى صورة تجمع بين المكتبة وهى خزينة العلم المكتوب والمعمل وهو التطبيق العلمى التجريبى والورشة الخصوصية وهى وحدة الإنتاج الطليعى . وكل ذلك يهيمن عليه العقل البشرى الذى اكتسب قدرة فكرية علمية أنبتت على مدار سنين طويلة من الدراسة والبحث والتعمق فى تخصيص فرعى معين . وهذه هى صورة المعرفة التكنولوجية . والجانب البشرى فيها كما رأينا هو السيد ، ولذلك فان مقاييس التفوق التكنولوجى قد أصبحت مزدوجة فأحياناً تقاس بعدد المهندسين والبحاث فى كل دولة ، وأحياناً تقاس بقيمة الإنفاق على تلك المراكز التكنولوجية .

والإحصاءات والبيانات التى تعمل فى سبيل قياس التقدم التكنولوجى تدل على ما يأتى :

فى روسيا :

* تفخر بأنها قد استطاعت أن تتطور وأن تجتاز الهوة السحيقة التى كانت تفصلها عن أمريكا مثلا وأن لديها عدد من العلماء والتكنولوجيين يزيد على ٧٠٠٠٠٠ عالم تكنولوجى ممن يحملون درجة الدكتوراه .

* استطاعت أن تدرب فى الفترة من سنة ١٩٤٠ — ١٩٦٦ : ١٧ مليون عامل مدرب : ١,٨ مليون مهندس : ٣ مليون فنى .

وتبلغ نسبة المشتغلين فى البحوث الصناعية فى مختلف دول العالم كالآتى :

فى تشيكوسلوفاكيا ٣,٧٪ من مجموع العاملين فى الصناعة .

أمريكا ١,٥٪ من مجموع العاملين فى الصناعة .

فى الاتحاد السوفيتى ٧,٩٪ من مجموع العاملين فى الصناعة .

(وستصل خلال الأعوام ١٩٧٠ — ١٩٨٠ إلى ٢٠ ، ٣٠٪) .

الإنفاق على البحوث

الدولة	نسبة الإنفاق على البحث العلمى الدخل القومى
الولايات المتحدة	٣,٥٪
روسيا	٤٪
معظم دول أوروبا	٢,٥٪ — ٣٪
اليابان	١,٧٪
إسرائيل	١,٣٪ (لا تدخل فيها الأبحاث الذرية)
ج٠ع٠م	٠,١٪ إلى ٠,٣٪

٥/٢ — كيف نوائم بين التنمية الصناعية وبين التقدم التكنولوجى فى بلادنا العربية :

إن التخلف التكنولوجى العربى الذى تعبر عنه المقارنة البسيطة السابقة يلفت النظر بل ويثير الأسى ، وإننا إذا

أمعنا الفكر فى ما يحتويه الجدول من مقارنات لوجدنا أن إسرائيل بالذات وهى الدولة المعتدية والتى قامت عنوة منذ ١٩٤٨ قد استطاعت فى خلال عشرين سنة أن تنمى بحوثها العلمية والتكنولوجية إلى أن وصلت إلى مستوى تكنولوجى عال جداً مقارنة بالدول العربية وقريب جداً من دول متقدمة ، ولا يمكن أن نفصل بين امتلاك زمام القوة وبين التقدم التكنولوجى بل إنها دلالات تكاد أن تكون واحدة .

ولا بد أن نلتمس العذر لبلادنا فقد خرجت قريباً جداً من مجال النفوذ والسيطرة الغربية أو تحررت من ضغوط التخلف وقيود التقدم التى كانت تمسك برقابنا . ولكن الحاضر والمستقبل لا يمكن أن يغفر لنا أى تقاعس أو تلكؤ فى اجتياز مرحلة التخلف التكنولوجى فهى :

١ — تستند فى بنائها المدنى على حضارة عريقة ، وتذخر بالإنسان الذى يمتد عنصره ومعدنه بماض تليد كان هو فيه صاحب قصب السبق الحضارى ، وبالإضافة إلى ذلك فإن بلادنا قد أخذت بنهضة علمية ملحوظة ، وقد انتشرت الجامعات والمعاهد العليا فى أرجاء مدننا الكبرى مما يوفر لنا عاملا من العوامل الهامة التى تلزمنا كى تؤسس إمكانيات امتلاك المعرفة التكنولوجية .

٢ — إن بلاداً عربية كثيرة قد وهبها الله ثروة بترولية وفيرة وبذلك أصبح فى متناولها الإنفاق على تأسيسات البحث والتصميم التكنولوجى ، وإن تنفيذ هذه الخطوة الأم لدعم اقتصادياتها أكثر ، ويوفر جوانب الأمن والتحرر من قدر من سيطرة الاحتكارات العالمية التى تأخذ جانباً من ثروتنا البترولية بسبب ما تملكه من إمكانيات فنية وعلميـــة وتكنولوجية .

٣ — إن الفترة الحالية من حياة أمتنا العربية تتميز باتجاه غالب إلى التصنيع والتنمية الصناعية وزيادة الإنتاج الصناعى وإن ذلك يتيح لنا فرصة مثالية نستطيع من خلالها أن نحقق الامتلاك الملائم للقدرة التكنولوجية .

فإن التزاوج بين التطور الصناعى والتصميم أو البحث التكنولوجى هو القاعدة التى لا شبهة فيها وإن التزاوج بين التقدم المعاصر وبين التقدم التكنولوجى هو السمة الأولى لحضارة القرن العشرين ، ولهذا فقد انفسحت أمامنا الحوافز الملائمة المتكاملة .

٤ — إن السير فى البحث التكنولوجى ، وتنمية المعرفة التكنولوجية هو فى الحقيقة الاستثمار الحضارى للتقدم العلمى ، وقيام الصناعة بهذا الاستثمار ربط التقدم العلمى بنتائج اقتصادية تتفاعل معه ويرتد أثرها عليه ، وبذلك يتوفر الحافز الدافع الفعال فى النضال نحو التقدم العلمى . وإن خطط التعليم وتخريج المتعلمين فى البلاد العربية ، وهى خطط باهظة التكلفة وقد ظهر أثرها فى بعض بلاد عربية بكثرة الخريجين حتى أنهم سلكوا طريق الهجرة إلى البلاد المتقدمة .

الباب الثالث

مقدمة عامة عن خطة البحث الصناعى العربى

٣/١ — الخطوط الأساسية فى مجال البحوث الصناعية كما هو مقترح بالنسبة للبلاد العربية :

* إن هذه الخطة تعتمد على إيمان كامل كما سبق وأسلفنا بأن مراكز البحوث والتصاميم الصناعية هى جزء لا يتجزأ من خطة التنمية الصناعية ، وأن الفرصة المتاحة لبلادنا العربية فى قيام التأسيس الصناعى على آخر ركائز التطور تعطينا مزية لا بد من استغلالها بحيث يقوم على التوازى مع الإنتاج الصناعى بناء للمعرفة التكنولوجية فى مختلف مجالات الصناعة أولا وغيرها من المجالات الاقتصادية .

* وإنه استمداداً من هذا الإيمان لابد لنا من أن نؤمن بأن التعليم والتعلم والتخصص هو لكى يؤدى الإنسان

العربى دوره فى مجال استشارى سلمته العلم والمعرفة التى حصلها وإن حكمة أن العلم (للمجتمع أو للحياة) تعنى أن العلم والتعلم ليس للحصول على الشهادة أو للجاه أو الاستقلال النظرى، بل هو فى عصرنا للاستغلال العلمى فى أنواع الصناعة وهو ما نرمز إليه بالتكنولوجيا وهو ما ينقصنا .

* وكذلك فإنه لا بد لنا أن نؤمن بأن النمو الإقتصادى ورفع مستويات المعيشة إذا اعتمد على استيراد القدرة والمعرفة التكنولوجية هو استهلاك لا يفيد فى كثير من حياة الرفاهية ، ولكنه لا يزودنا بأسباب المنعة والقوة ، وأن الحاجة إلى استيراد المعرفة التكنولوجية يفقد البلاد العربية ثرواتها ، وتكون نسبة ما تحصل عليه جزءاً قليلا مما تحصل عليه جهات الاحتكار الأجنبية التى تتخذ من الأسرار والمعرفة التكنولوجية ركيزة تتسلط بها على ثرواتنا .

ولذلك فان العوامل التنفيذية لخطة البحث التكنولوجى تكمن فى الآتى :

أولا — وحدة البحوث والتصميم فى كيان المصنع :

أن يكون قيام التنمية والتنسيق الصناعى معتمداً على مراكز بحث وتصميم ودراسة تكنولوجية ، وأن تتأسس فى كيان المصنع ، وأن تكون المسئولية عن تصميم وسيلة الإنتاج ، وعن تصميم المنتج ، حتى ولو ابتدأ الإنتاج بشراء حقوق المعرفة فإنها تكون الوعاء والمثل الفنى للصناعة الناشئة قبل الجهات الصناعية الأجنبية ، وأن مايحصل عليه البحاث والمصممون من معلومات يعتبر ثروة فنية هامة تنبنى عليها القدرة الفنية لهم فى المستقبل عندما تستقل الصناعة .

ثانياً — مسئولية المصممين والباحثين جزء من المسئولية الشاملة فى المصنع :

أحقيـــة الفنيين والمتخصصين العرب بتحمل جانب المسئولية الفنية والعلمية والصناعية فى التنمية الصناعية ، وأن يعتبر ذلك متساوياً فى مسئوليته مع مسئولية جانب الإنتاج ، وبذلك تصبغ الإدارة الصناعية بالجانب الفنى المسئول على قدم المساواة مع الجوانب الإدارية والاقتصادية .

ثالثاً — تقييم مستويات البحث وقطاعاته المختلفة :

رعاية جانب البحث بصفة عامة من جانب الدولة وتنسيقه بحيث يكون على مستويات ومفاهيم محددة . وأنه وإن كانت احتكارية البحث تعتبر قيداً لا يقبل فى القرن العشرين إلا أنه لا بد من تحديد أنواع البحوث ومعرفة التأسيسات المناسبة لها . وهى عادة كالآتى :

(ا) البحوث الجامعية :

إن البحوث الجامعية ضرورية وهى لخدمة التعليم ولخدمة المجتمع ولكنها تأخذ طبيعة تميزها عن غيرها بأنها بحوث طويلة المدى قد تكون من النوع الأساسى الذى يكشف مجاهيل جديدة أو فى خدمة الإنتاج فى مشكلة لا تقوى عليها المراكز المرتبطة بالإنتاج ذاته .

(ب) مراكز البحوث العامة :

إن مراكز البحوث العامة تنشأ لتكون مسئولة عن نوع من البحوث تكون أساساً لحل مشاكل محلية تحتاج إلى قوى بحث متكامل بين تخصصات متعددة وأن تكون لمستوى من البحوث يستعصى على مراكز البحث النوعية المرتبطة بمواقع الإنتاج .

(ج) مراكز البحوث والتصميمات الصناعية .

مراكز البحوث والتصميمات الصناعيـــة وهى نوع المراكز اللازمة لكل مصنع تقريباً وتختلف فى إمكانياتها وحجمها حسب كمية الإنتاج الصناعى ونوعيته .

رابعاً — البحث هو استثمار رفيع :

أن تعتبر مهنة البحث نوع من الاستثمار المجزى ، وأن الإنفاق عليه لا يحقق نتائج الاستكفاء العلمى والتكنولوجى

فقط والتى هى أسس الدولة المصرية وأسس الأمن القومى بل إنه هو وسيلة التطور والتقدم والمنافسة الصناعية ويجب أن تبقى على سبيل المثال أمام ناظرينا حقائق هامة .

وهى أن كافة الاكتشافات الخطيرة التى هى معالم مدنيتنا قد أنفقت عليها الشركات أحياناً مبالغ لايستهان بها، وأن اكتشافات وتصميمات مثيرة فى مجال التليفزيون الملون أو فى مجال الطائرات التى تفوق سرعتها سرعة الصوت ، أو التى تتسع لعدة مئات من الركاب ، قد تكلف البحث والتصميم والتجربة لصنع النماذج الأولى منها عدة مئات الملايين من الجنيهات ، ولكنها فى النهاية تحقق عائداً مثيراً أيضاً .

خامساً — تطوير التعليم للاتجاه التكنولوجى :

إن تطوير التعليم ليخرج من الإطار النظرى بأن يعتمد على ركائز إيجابية تربطه بواقع الحياة ، وأن تتوفر وسائل التجربة العلمية والتنفيذ الصناعى داخل الكليات العلمية ، وأن تتوقف عجلة البحث النظرى بحيث لا يجاز مثل هذا البحث إلا إذا تأكدت نتائجه بالتجربة وأن يتطور التعليم الهندسى بحيث يتردد الطالب بين قاعة المحاضرة ومعامل التجربة وصالة الرسم وأن يكون الهدف منه تخريج من يقدر على تحويل النظرية إلى عملية ومن يتصدى للمشكلة العملية فيسلط عليها ضوء العلم بحيث يبرز الحل العلمى المناسب .

سادساً — التدريب والترشيد ورفع مستوى الكفاية :

أن يمتد نطاق التعليم الفنى والصناعى بحيث تتخرج من معاهدة الكادرات الصناعية التى تؤمن بحقيقة الصناعة وهى أنها بضاعة الحضارة المعاصرة ، وأن إعداد الصانع الماهر يتطلب مدارس ومعاهد تتوفر فيها نواحى التعليم الأساسى فى المراحل الأولى ، ثم مرحلة التزود بالقدر الأساسى من العلوم التخصصية المتصلة بمختلف المهن الصناعية ، ولا بد بالإضافة إلى ذلك من إبراز أهمية التخصص فى الصناعة ، وأن نزيل آثار النظرة القديمة البالية التى لم تمكن تقدر الصانع التقدير الذى يتلاءم مع الدور الحقيقى الذى يؤديه فى البناء الحضارى المعاصر .

ولا بد كذلك من أن نحدد دور المصانع ذاتها فى رفع الكفاية الإنتاجية للعاملين وذلك بالأخذ بالوسائل الآتية :

١ — أن يكون لكل مصنع خطة لتدريب الجدد وأن يكون مثل هذا التدريب وافياً من ناحية مادته النظرية والعملية .

٢ — أن تتضمن خطط التدريب كذلك جوانب لرفع مستوى الكفاية الإنتاجية للصف الأول والثانى من العاملين وذلك فى سبيل إتاحة الفرصة لهم لإبراز واستخراج كامل مواهبهم وقدراتهم وحتى تتوفر من بينهم فى المستقبل قيادات قادرة على السير بأقسام العمل المختلفة .

٣ — توفير حوافز مختلفة إما فى نظام الترقى أو فى نظام المكافآت التشجيعية بحيث يرتد المكسب المادى إلى العامل نتيجة لتفوقه ومهارته .

الباب الرابع

تطوير التعليم الهندسى إلى الاتجاه التكنولوجى خدمة للتعليم بالبحوث

٤/١ — السياسة المثلى للتعليم الهندسى وإبراز أهمية الجامعات التكنولوجية :

مقدمة عن نشأة ونظام الجامعات التكنولوجية

إن العناية بتطوير التعليم الهندسى والتعليم الصناعى ، تستمد مقوماتها من أهمية التنمية الصناعية وأهمية البحث العلمى والتصميم التكنولوجى . ولقد أصبح من نافلة القول

فى هذا البحث أن نكرر أن البحث العلمى والتصميم التكنولوجى والتنمية الصناعية هى ركيزة واحدة يعتمد عليها الكيان الحضارى الذى ننعم به فى القرن العشرين ، ولهذا فإن دراسة الأسس التى انبنى عليها التقدم التكنولوجى الصناعى فى الدول الكبرى خليق أن يفسح أمامنا السبيل القويم للسير بخطط التطوير الصناعى فى بلادنا . وتعتبر الجامعات التكنولوجية هى إحدى القواعد الأساسية التى تنفجر منها عوامل النجاح الصناعى .

ولو تابعنا تاريخ قيام نظام الجامعات التكنولوجية لوجدنا أن أولها بدأت فى سنة ١٨٠٢ فى أمريكا وكانت لحل المشكلات التكنولوجية التى تواجه الاحتياجات العسكرية التى تلتها جامعة لعموم الصناعة فى بروكلين سنة ١٨٥٤ . ولقد فطنت الولايات المتحدة إلى أهمية قيام الجامعات التكنولوجية ، فعملت على تشجيع بنائها . ومن وسائل التشجيع إهداء الأراضى اللازمة لبنائها مجاناً ولقد كان لهذه السياسة أثر كبير فى نمو الجامعات التكنولوجية وذلك بمساعدة الأهالى والحكومة .

ثم تضاعف الاهتمام التكنولوجى بقيام معاهد عليا تركز اهتمامها على الدراسات والأبحاث لما يزيد عن الدبلومات الجامعية ولتدريب المتفوقين من خريجى كليات الهندسة والعلوم على أعمال البحث العلمى والتصميم التكنولوجى ومن أمثلتها :

— The California Institute of Technology.
— The Massachussetts Institute of Technology.
— The Ranesselear Polytechnic Institute.

* ومن مميزات هذه المعاهد والكليات مساعدة الطلبة وترغيبهم بطرق مختلفة على قضاء بعض أوقاتهم فى الصناعة يعملون فيها لاكتساب الخبرة العملية إلى جانب الأسس النظرية العلمية التى يتلقونها .

* ولقد نجح هذا النظام فأصبح عدد العلماء التكنولوجيين الذين يحملون درجة الدكتوراه فى الولايات المتحدة قرابة مليون ونصف المليون .

* وإن العناية بتوفير إمكانيات التعليم والبحث فى المعاهد التكنولوجية يتمثل فى الأرقام الآتية — وهى عن جامعة (ماساشوستس) .

٢٩٠٠	من الأعضاء الأكاديميين
٣٨٠٠	طالب جامعى
٣٧٠٠	طالب باحث للماجستير والدكتوراه
٩٦٠٠٠٠	كتاب فى مكتبة المعهد

أما فى ألمانيا فقد ساعدت وحدة الشعب الألمانى فى تفكيره وأهدافه إلى بناء نظم موحدة للتعليم التكنولوجى بهدف تطوير البلاد صناعياً . ولقد بدأ نظام التعليم التكنولوجى فى القرن التاسع عشر ، وتم تعبئة رجال العلم والتكنولوجيا فيها فى جامعات تكنولوجية تنقسم إلى كليات مختلفة للعلوم الأساسية والتكنولوجية (كليات الهندسة الكهربية والهندسة الميكانيكية ، والكيمائية والعلوم الطبيعية والعلوم الرياضية) . ويتفرع من الكلية العديد من المعاهد ، ويكون كل معهد وحدة علمية متكاملة مزودة بكل ما تحتاجه من ورش ومعامل وهيئة إدارية مختصة ، ويشرف على الأبحاث فى المادة دكتور مهندس يقوم بالقاء محاضرات لمدة ٣ أو ٤ ساعات أسبوعياً فقط . ويعاونه فى إلقاء المحاضرات فى التخصصات المستحدثة فى العلم بعض المحاضرين الشبان ويتولى مسئولية قيادة البحوث لنحو عشرة أو عشرين من الباحثين المتفرغين وأغلب البحوث تطبيقية يقوم بها المعهد لحساب شركات صناعية . ولا شك أن هذا النظام يمتاز بالعمق والمرونة التامة التى تمكنه من ملاحظة كل تقدم علمى عالمى . وينفق على التكنولوجيا فى ألمانيا :

ما مجموعه	١٥٥	مليون مارك ألمانى
أى ما يقرب من	١٥	مليون جنيه استرلينى

* ومن الحقائق المؤكدة أن قيام الجامعات التكنولوجية فى ألمانيا كان من أهم الأسباب التى دفعت ألمانيا إلى التقدم التكنولوجى السريع منذ بداية القرن التاسع عشر .

* وقد بقى نظام الجامعات التكنولوجية مهملا فى انجلترا حتى أواخر القرن التاسع عشر وفى سنة ١٩٠٧ أنشئت أول مؤسسة تعليمية على نمط الجامعات التكنولوجية .
The Imperial College of Science and Technology.

وفى سنة ١٩٥٤ قررت الحكومة الانجليزية أن تحول الكثير من الكليات الهندسية إلى أجهزة مماثلة للجامعات التكنولوجية فى وسط أوروبا . وفى سنة ١٩٥٦ رصدت الحكومة الانجليزية ١٠٠ جنيه استرلينى فى هذا السبيل .

* وكذلك فى روسيا فقد قام فيها نظام الجامعات التكنولوجية منذ ٥٠ عاماً وهى تشابه فى نظامها الجامعات التكنولوجية فى ألمانيا .

ولقد بدأت بلاد شرقية مثل تركيا والهند وباكستان فى إنشاء جامعة تكنولوجية .

٤/٢ — ضرورة قيام الجامعات التكنولوجية فى البلاد العربية :

إن قيام الجامعات التكنولوجية المتكاملة المزودة باحتياجات التعليم النظرى والتجريبى وإمكانيات البحث ربما يكون الطريق الابتدائى الوحيد الذى يجب أن نسلكه لاستغلال العقول والكفاية العلمية والتكنولوجية ودفعها إلى حلقة العمل فى سبيل التطوير والوصول إلى الحضارة الصناعية التى يهدف إليها . ولقد قام التعليم الهندسى فى البلاد العربية على صيغة متشابهة وهو تبعية كليات الهندسة للجامعات العربية . والجامعات العربية تتكون من العديد من الكليات المختلفة سواء أ كانت آداب أم تجارة أم حقوق أم طب أم هندسة ، وبذلك تكون النظم سواء أ كانت إدارية أم فنية فى أية كلية متأثرة بطبيعة الاحتياج فى كلية أخرى وتنعدم فرصة تهيئة الأسباب والعوامل التى تلائم التدريس والبحوث فى كليات مثل كليات الهندسة .

٤/٣ — الوضع الحالى للتعليم الهندسى وحركة التطوير الجارية :

هذا وبالاضافة إلى ذلك فقد كانت صيغة التعليم الهندسى من ناحية تخصصاته وبرامجه بعيدة كل البعد عن نواحى التصنيع ، ولو أنه قد بذلت محاولات فى إنشاء معاهد صناعية وتكنولوجية عليا بعيدة عن إطار الجامعات ، إلا أنها فى الأغلب قد سلكت لسبب أو لآخر نفس المسلك وأخذت نفس الأسلوب والشكل الخاص بكليات الهندسة . أما حركة تطوير التعليم الهندسى التى انبعثت فى أغلب البلاد العربية فإنها تتجه إلى تطوير المناهج وذلك لرفع مستوى خريجى كليات الهندسة علمياً ووضعهم على أفق من القدرة المناسبة لتناول مختلف التقدمات العلمية المعاصرة والتى تتطلب مهندساً على قدر كبير من المعرفة العلمية وعلى قدر كبير من القدرة الرياضية والتصميمية بحيث يقوى على التطبيق العلمى لمختلف التقدمات الحديثة وعلى حل المشاكل باقتحام يعتمد على معرفة علمية واسعة بمختلف النظريات الكبرى .

وهذه الحركة العلمية لا تتجه نحو ملء الفراغ الكبير فى مجال الهيكل الأساسى للتعليم الهندسى ومن الضرورى أن تكون حركة التطوير شاملة وأن تتجه نحو حل جذرى وليس هنالك أفضل ولا أجدى من جمع شمل كليات التعليم الهندسى فى جامعة تكنولوجية واحدة فى كل بلد عربى .

وفى مثل هذه الجامعات ينقسم التخصص أساساً إلى :

(كلية هندسة الكهرباء ، وكلية هندسة الميكانيكا ، وكلية الهندسة الكيماوية ، وكلية الهندسة المدنية ، وكلية

هندسة المناجم والتعدين) بالإضافة إلى كليات للعلوم الأساسية كالرياضة والطبيعة والميكانيكا . وأن تشتمل كل من هذه الكليات على معاهد تكنولوجية مستقلة يرأس كل منها أستاذ متخصص وأن يخصص من وقته مالا يقل عن ٣٠٪ للاشراف على البحوث وتوجيه من يعملون تحت إشرافه من طلاب .

وعلى سبيل المثال لا الحصر تتكون كلية الهندسة الكهربية من المعاهد التكنولوجية الآتية :

معاهد : الآلات — الضغط العالى — توزيع الطاقة — أعداد — الأجهزة الحاسبة الألكترونية — شعبة المواصلات — الفيزومغناطيسيات — الذبذبات العالية — التليفونات والمواصلات السلكية. تكنولوجيا الألكترونيات واستخدامها فى الصناعة — الألكترونيات الطبية — التحكم الآلى — الصوتيات — أجهزة القياس — النظريات الكهربائية وتطبيقاتها — الطاقة الذرية والهندسة النووية .

ولا بد من أن نؤكد فى تأسيس هذه الجامعات التكنولوجية حقيقة اللامركزية فهى ضرورة لا غنى عنها فى مثل هذه التأسيسات العلميه والتى قوامها خلاصة الكفايات العلمية فى أى بلد وأن نجمع بين المرونة واللامركزية وبين التنسيق والتخطيط على مستوى المجال الإدارى ، كذلك فان مسألة التجهيز سواء فى الأبنية أم فى الورش يعتبر ركيزة أساسية لا يتوفر النجاح المنشود إلا بتوفيرها . هذا وترتيب الإنفاق على مثل هذه الجامعات سيترتب بعض الوقت من جزأين :

الأول : مساهمة الدول فى التعليم حسب المبادىء العامة الجارية حالياً .

الثانى : مساهمة الصناعة فى تكاليف البحوث وذلك تحقيقاً لمبدأ عائد البحوث من استثماراتها ، أو لمبدأ عقود البحث التى يجرى إبرامها بين الصناعة ومعاهد البحث .

وثيقة القرارات المقترحة

أولا — تنمية البحوث الصناعية فى البلاد العربية :

إن البحث العلمى بصفة عامة والبحث الصناعى بصفة خاصة قد أصبح القوة المؤثرة الكبرى فى نواحى الحياة سواء أكانت اقتصادية أم اجتماعية أم حربية وأن البحث التكنولوجى الذى هو علم الصناعة أو تصنيع العلم ، هو الأساس الذى ينبنى عليه التقدم والنمو ولا بد أن تفرد له مقوماته المادية والبشرية ، وذلك درءاً للتخلف دون الدول المتقدمة . وإن رسم الخطط الوافية والعاجلة للسير فى مضمار البحوث الصناعية التى هى سند التنمية الصناعية فى كل بلد عربى يتطلب أن تراعى المبادىء الآتية :

أولا : فرض نفقات سنوية للبحث العلمى والتكنولوجى على شكل نسبة من الدخل القومى .

إن المعدل المناسب الذى يجب أن يفرض على الدخل القومى فى سبيل توفير قاعدة للبحث تكون دعامة للاقتصاد والأمن القوى لا يقل عن ٢٪ ويقترح أن تتحقق هذه النسبة فى خلال ثلاث سنوات على الأقل ، وبعد ذلك تكون الزيادة متناسقة مع خطط البحث ذاتها .

ثانياً : تأسيس جهات للبحث مستقلة إدارياً ومتعاونة علمياً للقيام بالبحوث تبدأ بالجامعات للبحوث الأساسية والتطبيقية الرئيسية ، وتنتهى عند وحدات للبحث فى كل مصنع .

إن القيام بالبحوث لم يعد أمر كمالياً للحصول على درجات الشرف العلمية ولكنه أصبح ضرورة هى جزء أساسى فى أى استثمار ، وعلى الأخص فى الاستثمار الصناعى ، وبذلك فإن وحدات البحوث والتصميمات تكون فى كيان كل مصنع ومؤسسة أو وزارة للصناعة ، وهى كذلك جزء لا يتجزأ من عمل الأساتذة فى الكليات الجامعية ، ولهذا

فإن مسار البحوث يكون سلسلة من المعاهد حتى يصل إلى الاستخدام على خط الإنتاج . ولأى بحث دورة أساسية كالآتى :

١ — فى الـكليات والمعاهد التـكنولوجية وتختص :

* بالبحث الأساسى الذى ينقب عن المعارف العلمية الجديدة أو عن الظواهر الطبيعية أو الـكيماوية الجديدة ، أو استنباط وسائل تـكنولوجية جديدة .

* بحث أساسى فى نوعية الإنتاج أو فى وسائله فى مجالات الصناعات الـكبرى .

* بحث تطبيق لصالح أى صناعة ومثل هذه البحوث يتولاها طلاب البحوث فى المعاهد .

٢ — مراكز بحوث قومية تابعة لوزارات الصناعة .

٣ — مراكز بحوث تابعـــة المؤسسات الصناعية النوعية .

٤ — مراكز بحوث وتصميمات تـكنولوجية تابعة للمصانع الـكبرى .

* وكل هذه المراكز تختص مباشرة بما يلزم الإنتاج الصناعى من تطوير وتصميم واكتشاف المواد المحلية التى تناسب كل منتج كما أنها تتولى أيضاً وضع الأسلوب الصناعى الأمثل للمصنع ، أو المنتج الخاص وكل منها يعمل فى إطار تخصصى إما واسع كما هو فى الوزارات أو يضيق أقل فأقل فى الوزارات التابعة للمؤسسة ثم المصنع .

ثالثا : سرعة تطوير التعليم الهندسى لا فى مجال المفاهيم فقط بل بالنسبة للهيكل الأساسى له وذلك بالاتجاه نحو قيام جامعة تـكنولوجية فى كل بلد عربى ، فإن هذه الجامعات التـكنولوجية تلعب منذ تجربة نظامها فى كافة بلاد العالم دوراً أساسياً فى التنمية التـكنولوجية والصناعية فى التوفر على مستوى البحوث الأساسية .

أخذ تطوير التعليم الهندسى فى بلاد العالم كافة ، وفى العربية أيضاً يأخذ دوره من العناية الفائقة . إلا أنه بالنسبة للبلاد العربية ليس الأمر فقط فيه يتعلق بضرورة تعديل المناهج ، بل إن الهيكل الأساسى الذى لا بديل عنه وهو الجامعة التكنولوجية مفقود ... ويجب سرعة تدارك هذا النقص حتى تقوم المعاهد النوعية فى كل كلية هندسية بدورها فى البحوث وفى التعليم التخصصى ، وحتى يتوفر المســتوى الفنى والعلمى المناسب فى الخريجين من تلك الـكليات . وإن قيام الجامعات التـكنولوجية لا يحقق الـكيان الطبيعى للتعليم الهندسى فقط بل إنه يوفر قاعدة كبرى للبحث العلمى الهادف .

رابعاً : ضرورة الالتزام بقيام مراكز بحوث وتصميم تـكنولوجية خاصة فى كل مصنع كبير .

إن حركة التصنيع فى البلاد العربية قد راعت تحقيق الإنتاج عن طريق شراء حق المعرفة من الصـناعات الأجنبية المتقدمة ، ويجب ألا يحول هذا الإجراء عن البدء فى إنشاء مراكز البحث والتصميم التـكنولوجى على التوازى مع إنشاء خطوط الإنتاج . وذلك حتى تتزود بالخبرة المشتراة من الصناعات المتقدمة ، وتتحمل المسئولية الفنية للصناعة ابتداء من التأسيس ، وحتى تتمكن من الوقوف على قدميها وترتبط بعجلة البحث العلمى والصناعى فى كافة مستوياته ، ولابد أن تـكون مهمة مراكز البحث والتصميم التـكنولوجى واضحة محددة فى تحمل عبء مستوى الإنتاج وتحديد مواصفاته وكذلك حل المشاكل الفنية للأسلوب الصناعى والخامات وألا تقل مسئوليتها عن المسئوليات الملقاة على عاتق الجهات الإدارية ، أو الاقتصـادية ، أو الإنتاجية .

خامساً : إن التدريب ورفع الكفاية الإنتاجية سواء بالنسبة للأسلوب الصناعى ، أو بالنسبة لرفع درجة مهارة العاملين يعتبر المناخ الملائم لفعالية البحوث والتصميمات التكنولوجية مما يستوجب بذل أقصى عناية به .

إن قيمة البحوث والتصميمات التكنولوجية وفعاليتها ذات صلة وثيقة بزيادة الكفاءة الإنتاجية سواء عن طريق تطوير الأسلوب الصناعى ، أو عن طريق تطوير زيادة المهارة للعاملين فى أقسام الإنتاج أو مراقبة الجودة أو غيرها من مستلزمات عملية الإنتاج . ولذلك فإن خطط تدريب العاملين ورفع مستوى القدرة والمعرفة للطاقة البشرية العاملة فى مصنع ما هى من مسئوليات مراكز البحوث والتصميمات التكنولوجية . ولذلك فإن أى تهاون فى ترتيب مستويات التدريب يضيع كل الجهود التى تبذل فى سبيل التطوير الصناعى .

ثانياً : تنسيق البحوث الصناعية فى البلاد العربية :

١ — إن الفوارق فى مستوى الخبرة الصناعية فى البلاد العربية ، بالاضافة إلى وحدة المصير تتطلب أن ينشأ قدر كبير من التعاون فى مجال البحوث الصناعية ، وذلك حتى يؤدى ذلك التعاون ، إلى بناء رصيد من المعرفة والتفوق العلمى تنعكس فائدته على كل الدول العربية .

ولما كان قد تم إقرار مشروع مركز التنمية الصناعية العربية فى إطار جامعة الدول العربية ، فانه يوصى بسرعة إخراج هذا المشروع إلى حيز التنفيذ ، وأن ينفذ المركز بواسطة تنظيماته تبادل حق المعرفة بين الصناعات العربية بحيث يمكن أن تمتد الدول العربية على بعضها ، وأن تتجنب الصعوبات التى تبلغ درجة كبيرة من التعقيد والتحكم فى سبيل الحصول على حق المعرفة من الصناعات الأجنبية .

٢ — إن موضوع تأسيس وتنمية البحوث عامة والبحوث الصناعية بصفة خاصة فى البلاد العربية ، رغم أنه مسئولية محلية إلا أن التعاون العربى فى هذا المجال مطلوب ، ويجنب صعوبة التأسيس فى بلاد عربية لا تتوفر فيها الكفايات اللازمة لهذا الغرض ، وكذلك فان صعوبة التمويل تقف حجر عثرة قبل دول أخرى .

ولهذا فان قيام :

« هيئة تنشيط البحوث والتصميمات التكنولوجية العربية » .

يجب أن ينال عناية فائقة ، وأن تكون مهمة هذه الهيئة جمع ممثلى جهات البحث الرئيسية فى كل بلد عربى فى سبيل تبادل الرأى ، وحل مختلف المشاكل التى تعترضهم ، وأن تكون الهيئة ذات صبغة فنية ، وأن يكون تمويلها من التبرعات بدرجة تجعلها قادرة على معونة جهات البحث التى تحتاج إلى هذة المعاونة سواء مادياً أم بشرياً وأن تتولى الهيئة كذلك تجنيد العلماء العرب المغتربين للاستفادة من خبراتهم الوفيرة .

* * *

لجنة الطاقة الكهربائية

للدكتور مهندس فؤاد طاهر

مقدمة :

نظراً لما للطاقة الكهربائية من أثر فعال فى نهضة الدول وتقدمها فقد اهتم القائمون على تنظيم المؤتمر الهندسى العربى الحادى عشر بالطاقة الكهربائية وخصصوا لها لجنة خاصة تبحث فى وسائل تطوير الطاقة الكهربائية فى البلدان العربية والعوامل الفنية والاقتصادية التى تؤدى إلى خفض تكلفة إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية حتى تصبح فى متناول كل فرد بهدف الإرتفاع بمستوى معيشته وحتى تكون الطاقة الكهربائية متاحة لجميع الصناعات ، وفى جميع البلدان العربية بسعر يساعد على النهوض بالصناعة العربية ، ووصولها إلى المستوى الذى يمكنها من مضاربة الصناعات العالمية .

وقد سبق أن اهتم المهندسون العرب بالطاقة الكهربائية فى المؤتمر الهندسى العربى العاشر الذى عقد بمدينة القدس فى أغسطس عام ١٩٦٦ ، إذ خصص لهذا الموضوع الهام لجنة من لجان المؤتمر العاشر ، وقد كانت التوصية الأولى لهذا المؤتمر فى انعقاده العاشر فيما يخص موضوع الطاقة الكهربائية ما يلى :

« تأليف لجنة فى نطاق اتحاد المهندسين العرب مهمتها جمع المعلومات المتعلقة بإنتاج وتوزيع الطاقة الكهربائية فى كل بلد عربى ، وتنسيق هذه المعلومات وتعميمها على البلاد المعنية ابتغاء الاستفادة منها فى تخطيط الاستثمار الاقتصادى الكهربائى لكل بلد عربى ، ويكون لهذه اللجنة الصفة الاستشارية لتوحيد الجهود العربية فى مجال الطاقة الكهربائية ، وتقديم التوصيات ومتابعتها لإنشاء شبكات ارتباط كهربائية بين البلاد العربية المتجاورة حيثما وجد ذلك مناسباً » .

وبناء على ذلك طلب اتحاد المهندسين العرب من

النقابات والجمعيات الهندسية الأعضاء تزويده بالمعلومات المطلوبة ، وقامت هذه النقابات والجمعيات بتزويد الاتحاد بالمعلومات المطلوبة كلياً أو جزئياً بقدر الإمكان .

واستناداً على هذه المعلومات قام السادة الدكتور المهندس زكى محمود أبو عيد ، والمهندس جورج ابراهيم قمر ، والدكتور المهندس محمد فهيم صقر بإعداد بحثهم المقدم إلى المؤتمر الهندسى الحادى عشر بعنوان « الكهرباء فى البلدان العربية وإمكانيات ربط الشبكات الكهربائية فى البلدان العربية المتجاورة » ، وقد نوقش هذا البحث فى اجتماعات اللجنة الرابعة للمؤتمر والتى شكلت هيئة مكتبها على الوجه الآتى :

رئيس الجلسة المهندس نزيه رسلان (سوريا)

نائب الرئيس المهندس الدكتور فؤاد طاهر (ج.ع.م)

المقرر المهندس جورج قمر (الكويت)

المقرر المساعد المهندس محي الدين محيو (لبنان)

المقرر المساعد المهندس عبد الستار الراوى (العراق)

وقد نوقش البحث فى أربع جلسات كالآتى :

— الجلسة الأولى فى صباح يوم ١٩٦٩/٣/٩ وخصصت لتقديم ومناقشة موضوع الطاقة الكهربائية فى كل من الأردن والسودان والعراق والكويت .

— الجلسة الثانية بعد ظهر يوم ١٩٦٩/٣/٩ وخصصت لتقديم ومناقشة موضوع الطاقة الكهربائية فى كل من الجمهورية العربية المتحدة وسوريا ولبنان .

— الجلسة الثالثة فى صباح يوم ١٩٦٦/٣/١٠ وخصصت لموضوع ربط العراق مع الكويت .

— الجلسة الرابعة فى صباح يوم ١٩٦٩/٣/١١ وخصصت لموضوع ربط سوريا مع لبنان .

وفى كل من هذه الجلسات قام السادة المهندس جورج قمر ، مقرر اللجنة والدكتور المهندس زكى أبو عيد نيابة عن مقدمى البحث بتقديم شرح مختصر لموضوع البحث تلاه حديث من مندوب الدولة المختصة ثم مناقشة الموضوع على المستوى العام .

موضوع البحث :

يبلغ متوسط معدل استهلاك الفرد فى البلدان العربية من الطاقة الكهربائية حوالى ٢١٠ كيلو وات ساعة سنوياً بينما وصل معدل الاستهلاك للفرد فى أمريكا الشمالية ما يزيد على ٨٠٠٠ كيلو وات ساعة سنوياً ويزيد فى عدة بلدان أوربية عن ٣٠٠٠ كيلو وات ساعة سنوياً ، أما متوسط معدل الاستهلاك فى العالم فيصل إلى حوالى ١٠٠٠ كيلووات ساعة للفرد فى العام .

ويبين الجدول التالى معدل استهلاك الطاقة الكهربائية للشخص سنوياً فى بعض البلدان العربية .

وقد انتقل البحث بعد ذلك لتسجيل المعلومات والأرقام الأساسية والرئيسية للمحطات والشبكات الكهربائية فى البلدان العربية الأعضاء فى اتحاد المهندسين العرب كما يلى :

الكهرباء فى المملكة الأردنية الهاشمية

يتم إنتاج الطاقة الكهربائية فى الأردن من محطات ديزل متعددة تتراوح سعة وحداتها بين ١٠ كيلووات إلى ٥ ميجاوات وتستعمل أكثر الوحدات وقود الديزل والعدد القليل منها يستعمل الزيت الثقيل . وهذه المحطات منفصلة عن بعضها وغير مرتبطة بشبكة واحدة ، ويتم توزيع ونقل الطاقة الكهربائية على خطوط كهربائية تبلغ أعلى جهد لها ٣٣ كيلو فولت .

البـــلد	عدد السكان (مليون نسمة)	الإنتاج عام ١٩٦٨ مليون كيلووات ساعة	معدل استهلاك الفرد فى السنة كيلووات ساعة
المملـكة الأردنية الهاشمية	٢	٢٠٠	١٠٠
الجمهورية السودانية	١٤	٣٦٠	٢٦
الجمهورية العراقية	٧	١٩٠٠	٢٧٠
الجمهورية العربية السورية	٥	٧٠٠	١٤٠
الجمهورية العربية المتحدة	٣١	٦٨٠٠	٢٢٠
الكويت	٠,٥٥	٢١٠٠	٣٨٠٠
الجمهورية اللبنانية	٢	١٠٠٠	٥٠٠

وقد اشتملت خطة الكهرباء بالأردن على إنشاء محطة بخارية تشتمل على وحدتين قدره كل منها ٤٤ ميجاوات ومحطة مائية على نهر اليرموك تشتمل على وحدتين قدره كل منها ١٥ ميجاوات .

وقد بلغ مجموع الأحمال القصوى على محطات التوليد ٣٢ ميجاوات فى عام ١٩٦٥ .

ونظراً لتوليد الطاقة فى محطات ديزل صغيرة ، تصل تكاليف الإنتاج إلى ٥٠ فلس لكل كيلووات ساعة فى المحطات الصغيرة جداً وتقل إلى حوالى ١٠ فلس فى حالة المحطات الكبيرة نسبياً .

(وهذا الرقم يناظر حوالى ٦٠ مليما)

وفيما يلى التعريفة المطبقة فى منطقة عمان :

من ١ — ٥٠ كيلووات ساعة فى الشهر
٣٠ فلس/ك . و . س .

من ٥١ — ٢٥٠٠ كيلووات ساعة فى الشهر
١٥ فلس/ك . و . س .

أكثر من ٢٥٠٠ كيلووات ساعة فى الشهر
١١ فلس/ك . و . س .

الكهرباء فى الجمهورية السودانية

تولد الطاقة الكهربائية فى السودان حالياً فى محطات توليد ديزل ومحطة بخارية ومحطات مائية .

ويلاحظ أن محطات الديزل منتشرة فى مدن السودان المختلفة وهى صغيرة نسبياً أكبرها محطة ديزل الخرطوم ، بالإضافة إلى ٦٥ ميجاوات تحرق الزيت الثقيل .

وفيما يلى بيان بأهم محطات التوليد فى السودان :

١ — الخرطوم : محطة ديزل ٩ ميجاوات
محطة تدار بالزيت الثقيل ١٥ »
محطة بخارية ٢ × ١٠ + ٢ × ٥ »
وجارى تنفيذ محطة غازية ينتظر بدء تشغيلها هذا العام بمقدار ١٥ ميجاوات .

٢ — وادى مدنى : محطة ديزل ٨ ميجاوات
محطة بالزيت الثقيل ١٠ »

٣ — سنارة : محطة مائية ٢ × ٧,٥ »

٤ — خشم القربة : محطات مائية وديزل مجموع قدرتها ٩ ميجاوات

٥ – عطبرة والدامر : محطات ديزل ٩ ميجاوات

٦ – بور سودان : محطة ديزل ٨ «

وتتألف الشبـكات الـكهربائية بالسودان حالياً من خطوط جهد ١١٠ كيلووات وبطول حـوالى ٢٧٧ كم تربط محطات التوليد بالخرطوم وسنار وكوستى وسنجا ووادى مدنى . ويتم توزيع الطاقة على جهد ٦٦ ك . ف . و ٣٣ ك . ف . و ١١ ك . ف . وجارى إنشاء شبكات جهد ٢٢٠ كيلو فولت .

وتقدر الطاقة المائية المتاحة على نهر النيل بالسودان كالآتى :

الشلال	٢٠٠ ميجاوات
الشلال الخامس	١٧٥ «
مروى	١٥٠ «
السبلوجة	١٠٨ «
سنار	١٥ «
جوبا	٣٠٠ «

ويقدر الحمل الأقصى للمنطقة الوسطى بالسودان شاملة مدينة الخرطوم بحوالى ٦٠ ميجاوات فى عام ١٩٦٨ وهو يمثل حوالى ٨٠٪ من إنتاج الـكهرباء بالسودان .

الـكهرباء فى الجمهورية العراقية

ينقسم العراق إلى ثلاثة مناطق رئيسـية المنطقة الشمالية والمنطقة الوسطى والمنطقة الجنوبية .

وتغذى المنطقة الشمالية محطة توليد بخارية تشتمل على أربعة وحدات قدرة كل منها ١٥ ميجاوات .

وتغذى المنطقة الوسطى المحطات الآتية :

محطة توليد جنوب بغـداد البخارية بقدرة إجمالية ٢٤٢٫٥ ميجاوات .

محطة الضوافية البخارية بقدرة إجمالية ٤٥ ميجاوات

محطة المعسكر الديزل « « « ٨ «

محطة الدورة البخارية « « « ١٦٠ «

وتغذى المنطقة الجنوبية محطة توليد البصرة التى تحتوى على ثلاث وحدات بخارية قدرة كل منها ١٥ ميجاوات .

وتتألف شبكة النقل الرئيسية فى معظمها من خطوط جهد ١٣٢ كيلو فولت .

أما النقل الثانوى والتوزيع فيتم بواسطة خطوط جهد ٦٦ ك . ف . ، ٣٣ ك . ف . و ١١ ك . ف .

وتربط المنطقة الشمالية بالمنطقة الوسطى بخط مصمم على جهد ٢٢٠ ك . ف . إلا أنه يحمل حالياً على جهد ١٣٢ ك . ف . ويبلغ طوله ١٧٦ كيلو متر كما ترتبط المنطقة الوسطى بالمنطقة الجنوبية بخطين مفردين جهد ١٣٢ ك ف . يبلغ طول كل منهما حوالى ١٠٠ كيلومتر .

وقد بلغ مجموع الحمل الأقصى للمناطق الثلاث ١٧٧ ميجاوات عام ١٩٦٨/٦٧ كما بلغت الطاقة المنتجه حوالى ١٣١٧ مليون كيلووات ساعة وهذا الرقم لا يشمل بعض الأحمال المعزولة عن الشبكة العامة .

وتجدر الإشارة إلى أن الحمل الأقصى يحدث فى أشهر الصيف بين الساعة السابعة والساعة التاسعة مساء .

وتقع فى المنطقة الشمالية للعراق عدة سدود يمـكن الاستفادة منها فى المستقبل لتوليد الطاقة الـكهربائية ، وهى :

١ – سد اسكى موصل : وتقدر سعته الـكهربائية بحوالى ٣٠٠ ميجاوات .

٢ — سد دوكان وتقدر سعته الكهربائية بحوالى ٢٠٠ ميجاوات .

٣ — سد دربندخان وتقدر سعته الكهربائية بحوالى ١٢٠ ميجاوات .

أما المنطقة الوسطى فالمقترح أن ينشأ بها سد حديثة الذى تقدر سعته الكهربائية بحوالى ٣٥٥ ميجاوات .

الكهرباء فى الجمهورية العربية السورية

تنقسم سوريا إلى المناطق الرئيسية الآتية :

(ا) منطقة دمشق وتضم محطات التوليد الآتية :

— محطة توليد سوق وادى البردية المائية بسعة إجمالية ٧ ميجاوات إلا أن الطاقة المتاحة تتفاوت طبقاً لتصرفات النهر .

— محطة توليد الهامة البخارية . بسعة إجمالية ٤٥ ميجاوات .

— محطة القابون : ديزل بقدرة إجمالية ٧ ميجاوات .

كما يوجد بمنطقة دمشق محطات توليد خاصة بالمصانع يبلغ إجمالى قدرتها ٢٠ ميجاوات وتنتج حوالى ١٠٠ مليون كيلوات ساعة سنوياً .

(ب) منطقة حمص وحماه : وتضم محطات التوليد الآتية :

— محطة توليد سد الرستن المائية بسعة إجمالية ٨ ميجاوات إلا أن كمية المياه المتاحة تختلف تبعاً للفيضانات واحتياجات الرى .

— محطة قطينة البخارية بسعة إجمالية ٦٠ ميجاوات ويجرى حالياً تركيب وحدتين سعة كل منهما ٣٠ ميجاوات.

كما يوجد بهذه المنطقة محطات توليد خاصة بالمصانع تبلغ إجمالى قدرتها ١٤ ميجاوات .

(ج) منطقة حلب وتضم محطات التوليد الآتية :

— محطة توليد عين التل البخارية بسعة إجمالية ٢٥ ميجاوات .

— محطة توليد الديزل بسعة إجمالية ١٢,٥ ميجاوات.

كما يوجد بهذه المنطقة محطات توليد خاصة بالمصانع يبلغ إجمالى قدراتها ٢٤ ميجاوات .

ويوجد مناطق أخرى معزولة عن الشبكة مثل اللاذقية ودير الزور والقامشلى وغيرها وتبلغ مجموع قدراتها حوالى ٣٠ ميجاوات .

وترتبط محطات التوليد فى كل من المناطق الرئيسية بخطوط كهربائية جهد ٣٣ ك . ف . و٦٦ ك . ف . كما ترتبط المناطق ببعضها بخطوط كهربائية جهد ٢٣٠ ك. ف . طولها حوالى ٤٦٠ كيلو متر إلا أن بعض خطوط الربط هذه يعمل على جهد ٦٦ ك. ف. بصفة مؤقتة .

وقد بلغ الحمل الأقصى عام ١٩٦٧ حوالى ٩٢ ميجاوات منها ٤٧ ميجاوات بمنطقة دمشق و ٢٨ ميجاوات بمنطقة حلب و١٧ ميجاوات بمنطقة حمص وحماه .

وتوجد فى سوريا مصادر طبيعية للطاقة الكهربائية بعضها مصادر مائية وبعضها غازات بترول طبيعية ، وستتولد الطاقة المائية الكهربائية من سد الفرات (الطبقة) الذى سيكون الغرض الرئيسى منه توفير مياه الرى لزيادة الرقعة الزراعية وسوف يسمح هذا السد بإنتاج طاقة سنوية مقدارها ١٦٠٠ مليون كيلووات ساعة من وحدات التوليد المنتظر أن تكون بقدرة إجمالية ٨٠٠ ميجاوات .

هذا — وتشمل خطة الكهرباء إنشاء محطة توليد غازية فى شمال شرقى سوريا فى منطقة آبار البترول للاستفادة

من الغازات الطبيعية والمنتظر أن تكون المحطة بقدرة حوالى ٥٠ ميجاوات فى المرحلة الأولى تزاد تدريجياً .

وتباع الطاقة الكهربائية طبقاً للتعريفات الآتية :

فى المدن : الإنارة الخاصة .

والإستعمالات المنزلية ١٨ قرش سورى وتعادل ٢٢ مليم/ك . و . س .

القوة المحركة ٩ — ١٥ قرش سورى وتعادل ١١ — ١٨ ك . و . س .

الإنارة العامة ١١ قرش سورى وتعادل ١١ مليم / ك . و . س .

فى الريف : الإنارة الخاصة والاستعمالات .

المنزلية ٣٠ — ٣٥ قرش سورى وتعادل ٤٢/٢٤ مليم / ك . و . س .

القوى المحركة ١٥ — ٣٠ قرش سورى وتعادل ١٨ : ٣٦ مليم / ك . و . س .

الكهرباء فى الجمهورية العربية المتحدة

يتركز الحمل الكهربائى فى الجمهورية العربية المتحدة حول مدينتى القاهرة والأسكندرية بشكل خاص وفى مدن الدلتا وعلى جانبى النيل بشكل عام ، كما أن معامل شركة كيما بأسوان تشكل حملا مركزاً كبيراً .

وتغذى هذه الأحمال الشبكة الكهربائية الموحدة جهد ٥٠٠ ك . ف . و ٢٢٠ ك . ف . و ١٣٢ ك . ف . التى يتصل بها المحطات الرئيسية الآتية .

المحطات البخارية :

محطة غرب القاهرة	بسعة إجمالية	٢٦٤ ميجاوات
محطة جنوب القاهرة	بسعة إجمالية	٢٤٠ ميجاوات
محطة شمال القاهرة	بسعة إجمالية	١٠٠ ميجاوات
محطة التبين	بسعة إجمالية	٤٥ ميجاوات
محطة السيوف	بسعة إجمالية	١١٥ ميجاوات
محطة كرموز	بسعة إجمالية	٨٤ ميجاوات
محطة دمنهور	بسعة إجمالية	٢٢٥ ميجاوات
محطة طلخا	بسعة إجمالية	١٢٧٫٥ ميجاوات
محطة أسيوط	بسعة إجمالية	٩٠ ميجاوات

المحطات المائية :

محطة خزان أسوان بسعة إجمالية ٢٤٥ ميجاوات

محطة السد العالى وستبلغ سعتها الإجمالية ١٢ × ١٧٥ ميجاوات عند استكمالها .

المحطات الغازية :

محطة المكس الغازية بسعة إجمالية ٢٨ ميجاوات

هذا — وتوجد محطات أخرى غير مرتبطة بالشبكة بعضها يعمل بوحدات ديزل وتغذى القرى والمناطق النائية وبعض الوحدات البخارية التى لا تزال تغذى بعض المصانع .

شبكة الربط الرئيسية :

تتألف شبكة الربط الرئيسية من خطين جهد ٥٠٠ ك . ف . من أسوان إلى القاهرة يتصلان على التوازى عند أسوان ونجع حمادى وسمالوط والقاهرة حيث يجرى خفض الجهد من ٥٠٠ ك . ف . إلى ، ١٣٢ ك ف عند نجع حمادى

تسعيرات بيع الطاقة الكهربائية

أغراض الاستهلاك	السعر فى منطقة القاهرة مليم/كيلووات ساعة	السعر فى منطقة الإسكندرية مليم/كيلووات ساعة
إنارة	٣٠	٢٨
استعمالات منزلية	١٨	٢١,٧
إنارة مصالح حكومية	٢١,٦	١٤,٣
إنارة عامة	١٤	١٠,٤
قوى محركة	من ٦,٩ إلى ١٩	٦,٤

وسمالوط وخفض من ٥٠٠ ك . ف إلى ٢٢٠ ك . ف . عند القاهرة للربط مع الشبكة جهد ٢٢٠ ك . ف . التى توصل محطات التوليد الحرارية بالقاهرة والأسكندرية والسويس والوجه البحرى وعند استكمال هذه الشبكة سوف يبلغ طول الخطوط جهد ٢٢٠ ك . ف . حوالى ١٠٠٠ كيلو متر وتغذى محطات تحويل الجهد من ٢٢٠ ك.ف.إلى٦٦ك.ف. قدرتها حوالى ٣٢٠٠م.ف .ا. أما محطتى محولات سمالوط ونجع حمادى فتغذيان الشبكة جهد ١٣٢ ك . ف . التى يبلغ طولها حوالى ٩٧٠ كيلو متر والتى تغذى بالتالى محطات قدرتها حوالى ١١٧٠ م . ف . ا لتحويل الجهد من ١٣٠ ك . ف . إلى ، ٦٦ ك . ف و ٣٣ ك . ف و ١١ ك . ف .

وقد بلغ الحمل الأقصى على الشبكة الموحدة عام ١٩٦٧ حوالى ٩٠٠ ميجاوات ، ويصل الحمل إلى ذروته فى المساء أما الذروة النهارية تبلغ حوال ٨٠٪ من ذروة المساء .

وندرج فيما سبق لمحة عن تسعيرات بيع الطاقة الكهربائية .

وتوجد تسعيرات خاصة للبيع للمصانع الكبرى والرى والصرف ومجالس المدن .

الكهرباء فى الكويت

تتولى الحكومة إنتاج حوالى ٨٥٪ من الطاقة الكهربائية المنتجة فى دولة الكويت أما الباقى فتنتجه شركات النقط العاملة فى الكويت ومحطات القوى التابعة للحكومة تتركز فى منطقتين رئيسيتين إحداها فى الشويخ قرب مدينة الكويت والمنطقة الثانية فى الشعيبة وهى جنوب الكويت .

أما مركز الشويخ فتبلغ سعته الكلية ١٦٠ ميجاوات ويشتمل على ثلاث محطات كما يلى :

— محطة الشويخ ا : وبها أربع وحدات بخارية سعة كل منها ٧,٥ ميجاوات وتوربينات هذه المحطة مصممة لإنتاج البخار الذى يستعمل كمصدر للطاقة اللازمة لتقطير مياه البحر .

— محطة الشويخ ب : وبها أربع وحدات بخارية سعة كل منها ١٠ ميجاوات .

— محطة الشويخ ج : وبها ثلاث وحدات بخارية سعة كل منها ٣٠ ميجاوات .

وهذه المحطات مرتبطة فيما بينها كهربائياً ويمكن اعتبارها محطة واحدة .

أما بالنسبة لمركز الشعيبة فيشتمل على محطات التوليد الآتية :

— محطة الشعيبة ا : وبها خمسة وحدات بخارية سعة كل منها ٧٠ ميجاوات .

— محطة توربينات الغاز وبها وحدتين غازيتين سعة كل منهما ٢٥ ميجاوات .

— محطة الشعيبة ب : وجارى تنفيذها بأربع وحدات سعة كل منها ٤، ١ ميجاوات .

وتغطى الشبكات الكهربائية جميع المناطق المسكونة فى الكويت وتصدر معظم الطاقة من محطات التوليد على خطوط هوائية جهد ١٣٢ ك . ف . تغذى مراكز تحويل الجهد من ١٣٢ ك . ف . إلى ٣٣ ك . ف . لتغذية شبكات التوزيع .

ويبلغ الحمل الأقصى حوالى ٤٠٠ ميجاوات ، ويبلغ ذروته صيفاً فى فترة بعض الظهر تكون أجهزة تكييف الهواء فى المساكن تعمل على أشدها ، أما الذروة المسائية فتبلغ حوالى ٨٥٪ من ذروة بعد الظهر .

وتوجد بالكويت تعريفة موحدة وهى فلسين لكل كيلو وات ساعة وهو سعر أقل من سعر التكلفة .

الكهرباء فى لبنان

تقوم بتوزيع الطاقة الكهربائية بلبنان مؤسستان هما :

أولا : مصلحة كهرباء لبنان ومركزها بيروت وتغطى خدماتها ٧٥٪ من لبنان وتملك المحطات الآتية :

— محطة توليد ذوق مكايل البخارية بقدرة إجمالية ١٠٩ ميجاوات .

— محطة توليد بيروت الديزل والغاز بقدرة إجمالية ١٣ ميجاوات .

— محطة توليد الصفا المائية بقدرة إجمالية ١٣,٢ ميجاوات .

— محطة توليد الجيه الجنوبى البخارية (تحت التنفيذ) مرحلة أولى ١٢٠ ميجاوات .

مرحلة ثانيه ٢٥٠ ميجاوات .

ثانياً : شركة القاديشا وهى مؤسسة خاصة مركزها طرابلس وتغطى خدماتها المنطقة الشمالية وتملك المحطات الآتية :

محطات مائية :

— محطة توليد بشرى المائية .

— محطة توليد مار ليشع المائية .

— محطة توليد بلوزا المائية .

— محطة توليد أبوعلى المائية .

ويبلغ إجمالى القدرات لهذه المحطات المائية ١٧,٥ ميجاوات .

محطات حرارية :

— محطة توليد حريشى البخارية بقدرة إجمالية ٣٧ ميجاوات .

— محطة توليد البحصاص الديزل بقدره إجماليه ٤,٥ ميجاوات .

هذا — وتقوم المصلحة الوطنية لنهر الليطانى بإنتاج الكهرباء وبيعها بالجملة إلى مصلحة كهرباء لبنان . وتدير المصلحة الوطنية محطات التوليد المائية الآتية :

— محطة توليد أرقس بقدره إجمالية ٧٢ ميجاوات .

— محطة توليد جون بقدرة إجمالية ٤٨ ميجاوات .

— محطة توليد عبدالعال بقدره إجمالى ٣٤ ميجاوات .

— محطة توليد نهر ابراهيم بقدره إجمالية ٣١٫٥ ميجاوات .

— محطة توليد البارد بقدرةإجمالية١٧٫٢ ميجاوات .

وتتكون الشبكة الأساسية الوطنية من خطوط كهربائية جهد ٦٦ ك . ف . ومن المنتظر إنشاء خط كهربائى جهد ١٥٠ ك . ف . وبطول ٢٨ كيلو متر لنفس الطاقة من المحطة البخارية الجديدة (الجيه الجنوبى) التى ستكون قدرتها مستقبلا ٣٧٠ ميجاوات .

وقد بلغ الحمل الأقصى للبنان حوالى ٢٣٠ ميجاوات فى عام ١٩٦٩ .

وتتفاوت أسعار بيع الطاقة تبعاً لنوع الاستهلاك وجهد التغذية وتتراوح بين ١٦ قرش لبنانى (ويعادل ١٩ مليما لكل / ك . و . س) لذوى الاستهلاك القليل إلى ٣٫٥ قرش لبنانى (ويعادل ٤ مليم/ك.و.س) للاستهلاكات الزراعية والصناعية أثناء الليل بعد ذروة المساء . وفى المتوسط يبلغ سعر بيع الطاقة ١٢ قرش لبنانى ويعادل ١٤ مليم/ك.و.س.

ربط الكويت مع العراق :

أوضح التقرير المقدم للجنة فوائد ربط شبكة الكويت مع شبكة العراق والتى من أهمها ما يلى :

١ — تحدث ذروة الحمل فى العراق فى المساء فى حين أن ذروة الحمل فى الكويت تحدث بعد الظهر ، وبالتالى يمكن الاستفادة من التفاوت الزمنى للذروة لتبادل الطاقة بين البلدين وبالتالى الخفض من القدرة المركبة فى محطات التوليد .

٢ — تكاليف إنتاج الطاقة فى الكويت منخفضة جداً نسبياً وذلك بسبب توفر الغاز الطبيعى وبسبب رخص التكاليف الرأسمالية .

٣ — ربط الشبكات الكهربائية سيجعل من الممكن زيادة حجم وحدات التوليد الذى ينعكس بالتالى على المزيد من تخفيض تكاليف الإنتاج .

٤ — يمكن الاستفادة من خطوط الربط بين البلدين لتغذية محطات ضخ مشروع مياه شط العرب عند تنفيذه .

وقد اقترح الربط بواسطة خطوط جهد ٢٢٠ ك. ف . من الكويت إلى البصرة بطول حوالى ١٧٠ كيلو متر لتبادل طاقة تقدر بحوالى ٣٠٠ ميجاوات .

ربط سوريا مع لبنان :

أوضح التقرير المقدم للجنة فوائد ربط شبكة لبنان مع شبكة سوريا والتى من أهمها :

١ — إمكانية الاستفادة من الطاقة المائية الفائضة عن حاجة سوريا فى خلال الفترة ٧٥/١٩٨٠ لتغذية حمل الذروة وجزء من الحمل الأساسى فى لبنان .

٢ — ربط الشبكتين سيمكن من الخفض فى القدرة المركبة فى محطات التوليد مستقبلا وبالتالى يمكن توفير حوالى ٢١٥ مليون ليرة لبنانية يمكن تأجيل إنفاقها لعدة سنوات .

٣ — قرب الساحل اللبنانى من مركز الحمل فى سوريا عن الساحل السورى سوف يمكن من إنشاء محطات حرارية كبيرة تستخدم مياه البحر للتبريد على الساحل اللبنانى وتستخدم الشبكة الكهربائية الموحدة لنقل الطاقة إلى مركز الحمل فى سوريا وبالتالى توفير فى الاستثمارات اللازمة لمشروعات محطات التوليد .

جدول يبين المعلومات الكهربائية الرئيسية فى البلدان العربية الأعضاء فى الاتحاد

(كما جاءت بالبحث المقدم للمؤتمر)

اسم الدولة	عام ١٩٦٨ تقدير عدد السكان مليون نسمة	عام ١٩٦٨ الطاقة الكهربائية المنتجة مليون ك.و.س	عام ١٩٦٨ متوسط استهلاك الفرد السنوى ك. و. س	الحمولة القصوى ١٩٦٨	متوسط الزيادة السنوية المقدرة للحمولة القصوى ٪	السعة المركبة فى محطات التوليد ميجاوات الموجودة حالياً	الضغوط العالية لخطوط النقل والتوزيع الرئيسية كيلوفولت المستعملة حالياً	أطوال خطوط النقل والتوزيع الرئيسية كيلومتر الموجودة حالياً
الأردن	٢,٠	٢٠٠	١٠٠	٥٠	٪١٥	٦٠ (١٠)+	—	—
السودان	١٠,٠	٣٦٠	٢٦	٧٥	٪١٢	٩٢ (٢٠)+	١١٠	٤٩٠
العراق	٧,٠	١٩٠٠	٢٧٠	٤٠٠	٪١٢	٥٦٠ (١٤٠)+	١٣٢	١٦٤٠
سوريا	٥,٠	٧٠٠	١٤٠	١٢٢	٪١٢,٥	١٦٤ (٩٠)+	٦٦/٢٣٠	٣١٠
ج. ع. م	٣١,٠	٦٨٠٠	٢٢٠	١٠٨٠	٪١١	٢٥٥٠ (١٥٠)+	٥٠٠ ٢٢٠ ١٣٢	٧٨٨ ٥٢٥ ٤٧٠
الكويت	٠,٥٥	٢١٠٠	٣٨٠٠	٤٦٠	٪٢٥ — ٢٠	١١٠٠ (١٠٠)+	١٣٢	١٥٠
لبنان	٢,٠	١٠٠٠	٥٠٠	١١٠	٪١٠	٣٥٠	٦٦	٤٠٠
المجموع	٦١,٥٥	١٣٠٥٠	٢١٢	٢٣٩٧	٪١٠ — ١٣	٤٨٧٦ (٥١٠)+		٤٧٧٣

ملاحظة : (+) محطات توليد خاصة وفى مواضع نائية غير مرتبطة فى الشبكة .

٤ — اختلاف شكل منحنى الحمل اليومى لكل من البلدين سيمكن من تبادل الطاقة فى خلال اليوم وبالتالى تشغيل أكثر اقتصاداً لمحطات التوليد بعد الربط .

والمقترح إنشاء خط كهربائى جهد ٢٣٠ ك . ف . طوله حوالى ٨٠ كيلو متر بين حمص وبين محطة التحويل الرئيسية المقترح إنشاؤها قرب طرابلس فى لبنان وكذلك إنشاء خط آخر جهد ٢٣٠ ك . ف . طوله حوالى ٩٠ كيلو متر بين دمشق ومحطة تحويل الجمهور .

قرارات المؤتمر

بعد مناقشة الموضوعات المعروضة ، خلص المؤتمر إلى القرارات الآتية فيما يتعلق بالطاقة الكهربائية والارتباط الكهربائى :

يرى المؤتمر أن مستوى استهلاك الطاقة الكهربائية فى معظم الدول العربية لا سيما فى المناطق الريفية منها منخفض ويقل بكثير عن المعدل الوسطى فى العالم . إلا أنه لاحظ بارتياح أن جميع الدول العربية تعمل على تنمية هذا المرفق الهام وتطويره ودعم برامج التنمية الاقتصادية فيها ورفع مستوى معيشة الفرد .

وقد اتضح أنه يمكن تخفيض تكلفة الطاقة الكهربائية فى بعض الدول العربية عن طريق الاستغلال الاقتصادى لمصادر الطاقة الأولية بشكل مرحلى واسع المدى وطويل الأمد وعن طريق الارتباط الكهربائى بين الدول المتجاورة على مراحل مناسبة فنياً واقتصادياً واستراتيجياً .

ولقد لوحظ حتى الآن فقدان التنسيق بين الدول المتجاورة فى مضمار مشاريع تنمية الطاقة الكهربائية والذى من شأنه تخفيض تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية فيها كما وأن الدول العربية تفتقر بشكل عام إلى فئات المهنيين تدريباً كافياً واللازمين لتنفيذ وتشغيل وصيانة المنشآت الكهربائية على أحسن وجه .

وقد برزت ضرورة اهتمام الدول العربية بالطاقة النووية كمصدر للطاقة الكهربائية نظراً لأهميتها المتزايدة والناتجة عن التقدم العلمى والفنى السريعين فى هذا المضمار من ناحية ولحتمية انخفاض تكلفة إنتاج هذه الطاقة فى المستقبل عن تكلفة إنتاجها بالوسائل التقليدية فضلا عن ضرورة اكتساب الخبرات فى هذا المجال .

كما ثبت جدوى تنفيذ الربط الكهربائى بدون تأخير بين العراق والكويت من جهة وبين سوريا ولبنان من جهة أخرى نظراً لتوفر المبررات الفنية والاقتصادية والاستراتيجية ، ولذا يوصى المؤتمر بما يلى :

١ — تأليف لجنة مشتركة فى أقرب وقت تضم ممثلين عن العراق والكويت واتحاد المهندسين العرب لتعمل على متابعة مشروع ربط الشبكات الكهربائية بالبلدين إلى طور التنفيذ وكذلك تأليف لجنة مشتركة تضم ممثلين عن سوريا ولبنان واتحاد المهندسين العرب للعمل على متابعة مشروع ربط الشبكات الكهربائية فى البلدين إلى طور التنفيذ .

٢ — تشكيل جهاز للطاقة الكهربائية داخل إطار الجامعة العربية يناط به ما يلى :

(أ) إجراء مسح شامل لمصادر الطاقة المتوفرة فى البلاد العربية ووضع مخطط هيكلى عام لتنمية الطاقة الكهربائية وربط شبكاتها وإعداد برامج لمراحل التنفيذ .

(ب) دراسة وتنسيق خطط ومشاريع الربط الكهربائى بين الدول العربية ومتابعة تنفيذ هذه المشاريع .

(ج) أن تكون باكورة أعمال هذا الجهاز التحضير والسعى لدى الدول العربية لإنشاء محطة نووية رائدة (أو أكثر) بجهد عربى مشترك لمسايرة التقدم العلمى واكتساب الخبرات فى هذا المجال .

(د) إسداء المشورة الفنية عند ما يطلب إليه ذلك .

٣ — حث الدول العربية على إعطاء كهربة الريف المزيد من الاهتمام وذلك لتشجيع الصناعات الريفية بهدف رفع مستوى المعيشة فيه وتطويره اجتماعياً واقتصادياً بشكل يضمن تقليل التفاوت بين المدينة والريف .

٤ — يطلب من اتحاد المهندسين العرب أن يقوم بعقد ندوة متخصصة لبحث الموضوعات الكهربائية المختلفة .

٥ — يطلب من اتحاد المهندسين العرب متابعة تنفيذ توصيات المؤتمر الهندسى العربى العاشر فى مجال الطاقة الكهربائية .

ملاحظات وانطباعات :

١ — يلاحظ أن الدول العربية بشمال أفريقيا ودول الخليج العربى قد حضرت المؤتمر لأول مرة كمندوبين مراقبين وذلك يبشر بانضمامها إلى اتحاد المهندسين العرب.

٢ — كان اجتماع منـدوبو وزارات الكهرباء ومؤسسات الكهرباء والجامعات بالدول العربية أعضاء الاتحاد فى صعيد واحد مجالا للتعارف والتآخى وتبادل الخبرات .

٣ — كان الاتجاه العام فى المؤتمر هو العمل على خفض تكلفة إنتاج الكهرباء وأسعار بيعها فى المدن والقرى وتعميم استخدام الكهرباء فى الريف وذلك بهدف رفع مستوى معيشة الفرد وتحقيق مبدأ المساواة بين سكان الحضر وسكان الريف .

٤ — حبذ الحاضرون بالمؤتمر ضرورة عمل تجربة رائدة فى مجال الطاقة النووية بإنشاء محطة (أو أكثر) بالدول العربية . وذلك لكى يمكن تدريب المهندسين الفنيين والحصول على الخدمات اللازمة فى مجال استخدام الطاقة النووية فى إنتاج الكهرباء وإعذاب المياه .

* * *

الدرع العربى النوبى وما يحتويه من خامات ومعادن

للجيولوجى محمد محمود عبد التواب

مقدمة :

إن الدرع العربى النوبى يتكون من جبال نارية ومتحولة وبركانية قديمة يصل ارتفاعها فى بعض الأحيان إلى نيف وألفى متر عن مستوى سطح البحر ، وتمتد من القارة الأفريقية إلى غرب الجزيرة العربية . وفى وسط هذا الدرع الشامخ العظيم يمتد برزخ البحر الأحمر ليحدد حدود القارتين آسيا وأفريقيا ، معظم صخور هذا الدرع ترجع فى تكويناتها إلى العصر القبل الكامبرى ، أو الحقب الابتدائى (الأركى) الذى يقدر عمره الجيولوجى بحوالى ١٥٠٠ — ٢٠٠٠ مليون سنة .

وهذا الحقب يبدأ وقد أصبحت الأرض وحدة كروية ذات قشرة خارجية من صخور جرانيتية ، تجمدت هذه القشرة بالانكماش الناتج عن البرودة فبرزت منها أجزاء هى القارات وانخفضت أجزاء أصبحت أحواض المحيطات التى تجمعت بها المياه . ثم تعرضت هذه القارات إلى عوامل التعرية فتفتت صخورها ثم اكتسحت المواد المفتتة إلى البحار والمحيطات بفعل الرياح والأمطار والأنهار فتكونت الرواسب فى البحار وبذلك بدأ تكوين الصخور الرسوبية التى دلت البحوث على أن طبقات سميكة منها قد تكونت ، وقامت عدة محاولات للبحث والكشف عن الحفريات فى هذه الصخور الرسوبية إلا أنه حتى الآن لم يسجل بحث اكتشاف أى حفرية وذلك يدل على أن الحياة لم تكن قد ظهرت بعد على وجه البسيطة أو أنها كانت موجودة ، ولكن على صورة حيوانات أو نباتات دنيئة رخوة ليست لها من المحارات ، أو الهيا كل العظمية ما يبقى أثراً دفيناً فى الصخور بعدها كما يلاحظ فى حفريات العصور الجيولوجية التى تلت هذا العصر بوجود حفريات حيوانات بحرية ذات محارات أو هيا كل عظمية كان لها الفضل فى الاستدلال عنها .

مما سبق يتضح أن الدرع العربى النوبى كانت صخوره جزء من قارة بها منخفضات مائية تجمعت بها الرواسب والدليل على ذلك أن صخور هذا الدرع عبارة عن صخور نارية تتراوح من فوق قاعدية مثل السربنتين إلى حمضية مثل الجرانيت وصخور رسوبية قديمة مثل طبقات الطفلة ، والحجر الطينى والإردواز والرخام .

ومن أقدم الصخور الجنيس ، تتلوه أنواع مختلفة من الشست وهناك غير ذلك صخور بركانية متحولة وأنواع من البرشيا أشهرها النوع الأخضر الذى كان يحجر بواسطة

القدماء المصريين في مصر في مناطق الحمامات على الطريق بين قنا والقصير ليصنعوا منه أواني وهياكل زخرفية .

ومن بين صخور هذا النوع صخور الجرانيت وأشهرها جرانيت أسوان ، الذى استغله قدماء المصريين لبناء معابدهم وهياكلهم وصناعة المسلات واستخدم حديثاً في بناء خزانات أسوان ونجع حمادى والسد العالي .

بداخل هـذا الدرع المظيم توجد عروق من المرو كالشريان تتدقاطعة الصخور النارية والمتحولة . هذه العروق في بعض الأماكن بالدرع العربي النوبي في مصر — والسودان — والسعودية تحمل الذهب وما زالت آثار القدماء في استغلال هذا المعدن الثمين باقية حتى الآن تشهد ببراعة القدماء سواء في مصر ، أو السودان أو السعودية في الكشف من هذا المعدن واستغلاله .

ومن السدود النارية الصخر المعروف بالحجر السماقى الإمبراطورى أرجوانى اللون استغل في مصر منذ عهد الرومان الذين قاموا بتصديره خارج مصر إلى روما والقسطنطينية ومن هذه الأحجار صنعت تماثيل بكتدرائية سانت مارك بفنيسيا بإيطاليا .

ويحتوى هذا الدرع في بعض أجزائه على الصخور الفوق قاعدية مثل صخور الزبرجد في البحر الأحمر يستخرج منها الزبرجد في صناعة الجواهر .

هذا بخلاف المعادن والخامات العديدة التي يحتويها هذا الدرع المظيم الذى يحق له أن يحظى بعناية المسئولين العرب في مصر ، والسودان ، والجزيرة العربية ، بالتعاون بتبادل البحوث الخاصة بهذا الدرع لصالح الكشف والتنقيب على عديد من المعادن والخامات التي ما زالت مجهولة في باطنه .

بل إن أهمية هذا الدرع وما يحتويه من خامات ومعادن تستوجب تكوين هيئة عربيـة مشتركة لربط البحوث الجيولوجية والتعدينية التي تمت بهذا الدرع واستنباط أماكن وكيفية البحث والتنقيب مستقبلا.

إن ما سجلته البحوث حتى الآن يشير إلى وجود خامات الحديد والألمنيت والنحاس والزنك والذهب والكروم ، والأسبستس والماجنزيت والميكا والطلق ومعادن ثمينة مثل الزمرد والزبرجد وغير ذلك ...

(١) الدرع العربي

يمتد الدرع العربي النوبي داخل ثلاث بلدان عربية مصر — السودان — العربية السعودية ككتلة واحدة من الصخور النارية والمتحولة . فصلت هذه الكتلة بفعل الحركات الأرضية المصاحبة لتكوين جرابين البحر الأحمر إلى كتلتين الشرقيـة بالعربية السعودية والغربية بمصر والسودان (خريطة رقم « ١ ») .

ذكر سعيـــد (١٩٦٢ ، ٧) أن هـذه الكتلة (Arabo-Nubian massif) في مصر كانت عبارة عن حزام حركى (Mobile belt) تكون في العصور الجيولوجية القديمة وأن صخورها الرسوبية قد تعرضت لقوى تشكيل عاليـة (highly deformed) ، وعمليـات تحـول (Metamorphosed) ، وأن صخور الجنيس والشيست كانت صخور رسوبية تعرضت لدرجة كبيرة من التغيير (Alteration) بواسطة قوى ضغط كبيرة وطىّ وتداخل صخور نارية ونتج عن ذلك أن هذه الصخور الرسوبية فقدت صفاتها الأصلية وأصبح من العسير — لصعوبة وجود حفريات — التفرقة بين الصخور التي من أصل رسوبي وبين تلك ذات الأصل النارى .

من الصعوبة تحديد عمر جيولوجى لهذه الصخور ، أو بالتالي وضع نظام لتتابع التكوينات . وبالرغم من ذلك قام هيوم ثم شورمان بوضع التتابع التالي لصخور القاعدة بمصر .

الدرع العربى النوبى

مقياس الرسم ١ : ٢٠،٠٠٠،٠٠٠

رقم ١

البحر الابيض المتوسط

ج. ع. م.

السودان

البحر الاحمر

العربية السعودية

• حديد



الدرع العربى النوبى

جاتريان	جرانيت مجموعة ثانية وسدود أعلا	
ابار كيان	مجموع الحمامات صخور بركانية جبل الدخان مجموعة الشاذلى	
شميتيان	جرانيت مجموعة أولى	
متركيان	مجموعة عطا الله مجموعة متيك	
بروتاركيان	جنيس	القاعدة

فى السودان تشغل صخور القاعدة (Basement rocks) المناطق المحصورة بين خطى عرض ٠°، ٢٢° شمالا وخطى طول ٢٥° وساحل البحر الأحمر شرقاً .

وبخصوص وصف وتتابع التراكيب لكتلة الصخور النارية والمتحولة بالسودان ذكر فى مرجع فيرون (١٩٦٣، ١) التتابع التالى :

البركامبريان الأعلا :

يصل السمك إلى ١٦٠٠ متر من اللابه (Lava) تتكون من انديسيت إلى اريوليت . كذلك توجد صخور من الكونجلوميرات .

وتقطع هذه المجموعة سدود من الجرانيت وهذه المجموعة يمكن أن تعادل مجموعة الحمامات فى مصر .

البركامبريان الأوسط :

يحتوى على صخور من الجنيس (gneiss) ـ كوارتزيت رخام — شيست — انديسيت .

تقطع هذه الصخور بسدود من الجرانيت — الجابرو — النوريت وعروق مرو حاملة للذهب والحديد (Auriferous Qz.) ويصل السمك لحوالى ٣٠٠٠ متر .

البركامبريان الأسفل :

أقدم الصخور ومعظمها متحول وتحتوى على الصخور الآتية :

جرانيت — جنيس — ميكاشيست وشيست .

هذه الصخور تقطع بواسطة سدود (Dykes) من الجرانيت والدولوريت . أما عن العمر الجيولوجى لصخور القاعدة فى مصر فإن أغلب المراجع تعتبره العصر القبل الكامبرى اعتماداً على التشابه البتروجرافى والتركيبى مع بلاد أفريقية أخرى مجاورة . ولكن حجازى والرملى (١٩٦٠ رقم ٣) كتبا عن نتائج الاختبارات التى تمت فى الاتحاد السوفيتى عن :

Potassium/Orgon age

لحوالى ٢٠ عينة جمعت من صخور القاعدة فى الصحراء الشرقية بمصر وأوضحوا أن عمرها الجيولوجى يتراوح كالآتى :

(Eo-Cambrian to Tertiary)

معظم هذه التحاليل عملت على صخور الجرانيت وغيرها التى تنتمى إلى الجاتريان (تقسيم هيوم) . يحتوى الدرع العربى النوبى على عدة خامات ومعادن أهمها :

الحديد — الألمنيت — النحاس — الرصاص والزنك — الذهب — الكروميت وغيرها .

(ب) الخامات والمعادن

١ — الحديد :

يوجد خام الحديد غالباً فى الصخور الرسوبية القديمة فى الدرع العربى النوبى .

الجمهورية العربية المتحدة

توجد عدة مواقع لتواجد خام الحديد فى صخور القاعدة بالصحراء الشرقية (مرجع رقم ٦) ما بين خطى عرض ١٥َ ٢٥°، ٣٠َ ٢٦° شمالا .

وكل هذه المواقع ما عدا جبل أم مروات وسمنا ووادى أبو ديدان توجد جنوبى القصير فى أماكن تبعد عن البحر الأحمر بمسافات تتراوح بين ٢٥ و ٦٠ كم وفى مساحة تبلغ

٨٥ كم فى الطول ، ٣٥ كم فى العرض (الدباح - أم خميس - وادى كريم - أم نار - جبل الحديد) .

جيولوجية مناطق الحديد (القصير) :

يوجد الخام فى مجموعات من الصخور الرسوبية القديمة (Metasediment) غالباً (شيست (Grey Wacké) Mudstone Chert) تحتوى هذه الصخور على تتابع طبقى سميك من رواسب دقيقة فى طية مقعرة Geosynclinal sediment بدرجة تحول بسيطة .

مجموعات الطية المقعرة تبدأ من القاعدة برواسب جيرية highly chloritic تتبعها Pelitic and Promnopelitic sediments التى تلازمها طبقات الحديد فى منطقة الدباح وأم خميس. تعتبر الصخور بين خام الحديد غالباً Mudstones فى منطقة وادى كريم يوجد خام الحديد بين صخور Mudstones معها كلوريت شيست أما صخور جبل الحديد فإنها تختلف بأنها خشنة الحبيبات أكثر من المناطق السابقة مع احتوائها على (Siltstone — greywaké) وفى بعض الأجزاء طبقات من البرشيا (أنظر خريطة رقم ٥) أما منطقة أم نار فالصخور مع خام الحديد عبارة عن بيوتيت كوارتز شيست . فى معظم مناطق خام الحديد ما عدا أم نار أم شداد الصخور التى تتواجد مع الخام تحتوى ضمن مجموعاتها على صخور بركانية قاعدية قديمة Basic metavolcanics وطبقات الحديد تختلف فى السمك والامتداد .

فى الدباح تمتد إلى ٢,٥ كم فى وادى كريم ٣ كم وحوالى ٧ كم فى منطقة أم نار وأثبتت الدراسات الجيولوجية التركيبية أن رواسب الحديد تتواجد على طول طيات محدبة Anticlinal structures وربما ظهرت بسبب هذه التراكيب خامات الحديد على سطح الأرض .

تتجه هذه الطيات شمال غرب جنوب شرق وذلك بمناطق أم نار وجبل الحديد .

فى أم خميس الصخور الرسوبية القديمة توجد فى مجموعات من الطيات المقعرة والمحدبة التى تتجه شمال جنوب .

فى منطقة الدباح توجد طية محدبة تمتد ١٠ كم وتتجه شمال جنوب وفى نفس الاتجاه تتجه طبقات الحديد (خريطة رقم ٣) .

فى وادى كريم الطية المحدبة تمتد ٣ كم فى اتجاه شرق غرب ثم شمال غرب .

تعرضت مناطق خامات الحديد لفوالق عدة ومن الملاحظ أن طبقات الحديد (Bands) لاتأخذ الاتجاه العام ولكن الاتجاه يتأثر بالتراكيب المحلية لكل منطقة بالرغم من وجود خامات حديد بمناطق عدة متباعدة إلا أنها تتحد فى الصفات عامة :

١ — تلازم الخام صفة الطبقية .Bedding planes .

٢ — غالباً ممغنطة Magnetic .

٣ — الكثافة النوعية تتراوح من ٢,٥ — ٤ .

٤ — تتكون غالباً من الهماتيت والمجنيتيت بنسب متفاوتة .

٥ — وجود سدريت ليمونيت — ألمنيت — بيريت — كالكوبيريت نادراً فى أنواع الخام المتواجد تحت السطح .

٦ — الهماتيت دائماً يحل محل المجنيتيت على الحواف .

٧ — الكوارتز هو أهم الشوائب بجانب وجود كلوريت — أبيدوت — جارنيت — كالسيت — جاسبار .

٨ — حبيبات الهماتيت أصغر من المجنيتيت حيث تتراوح من ٠٠١, إلى ٠٣, مليمتر أما المجنيتيت فتتراوح من ٠١, إلى ٠٦, مليمتر .

المجنيتيت أكثر خشونة وخاصة فى أم نار حيث يصل ١٦, مليمتر والتحاليل الكيماوية للمناطق أثبتت أن الحديد بمتوسط ٤١ ٪ ومتوسط السليكا ٢٨,٣ ٪ .

أكاسيد الكالسيوم والماغنسيوم لاتتعدى ٧ ٪ .

ألومينا تتراوح من ٠,٠٦٪ إلى ٢,٦ ٪ .

فوسفور يتراوح من ١,٠ إلى ١,٢ .

المنجنيز لايزيد عن ٠,٥ ٪ .

وادي كريم :

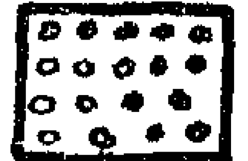
يوجد الخام فى منطقة ٤,٥ كم ٢ اتجاه طبقات الحديد فى الصخور الرسوبية القديمة يتغير من الشمال الغربى من المنطقة إلى شرق غرب فى الوسط إلى شمال شرق فى شرق المنطقة ومن نتيجة الفوالق تتكرر الطبقات مرتين أو ثلاثة . يبلغ سمك الطبقات ١,٥ متر على الأقل ويقدر الاحتياطى بحوالى ١٥ مليون طن .

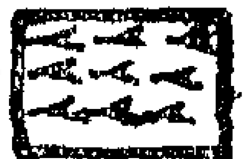
الدباح :

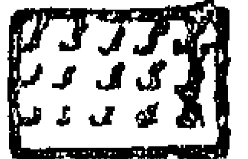
يوجد الخام فى منطقة طولها ٦ كم وعرضها ١,٥ كم

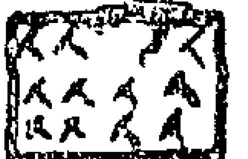
اصطلاحات

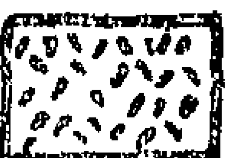

جرانيت قرمزى


تكوينات العجلة


جرانيت رمادى وجرانوديوريت

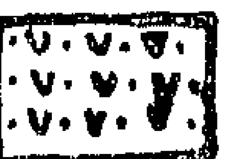

جرانيت شعيث


ابيديوريت وديوريت


جابرو

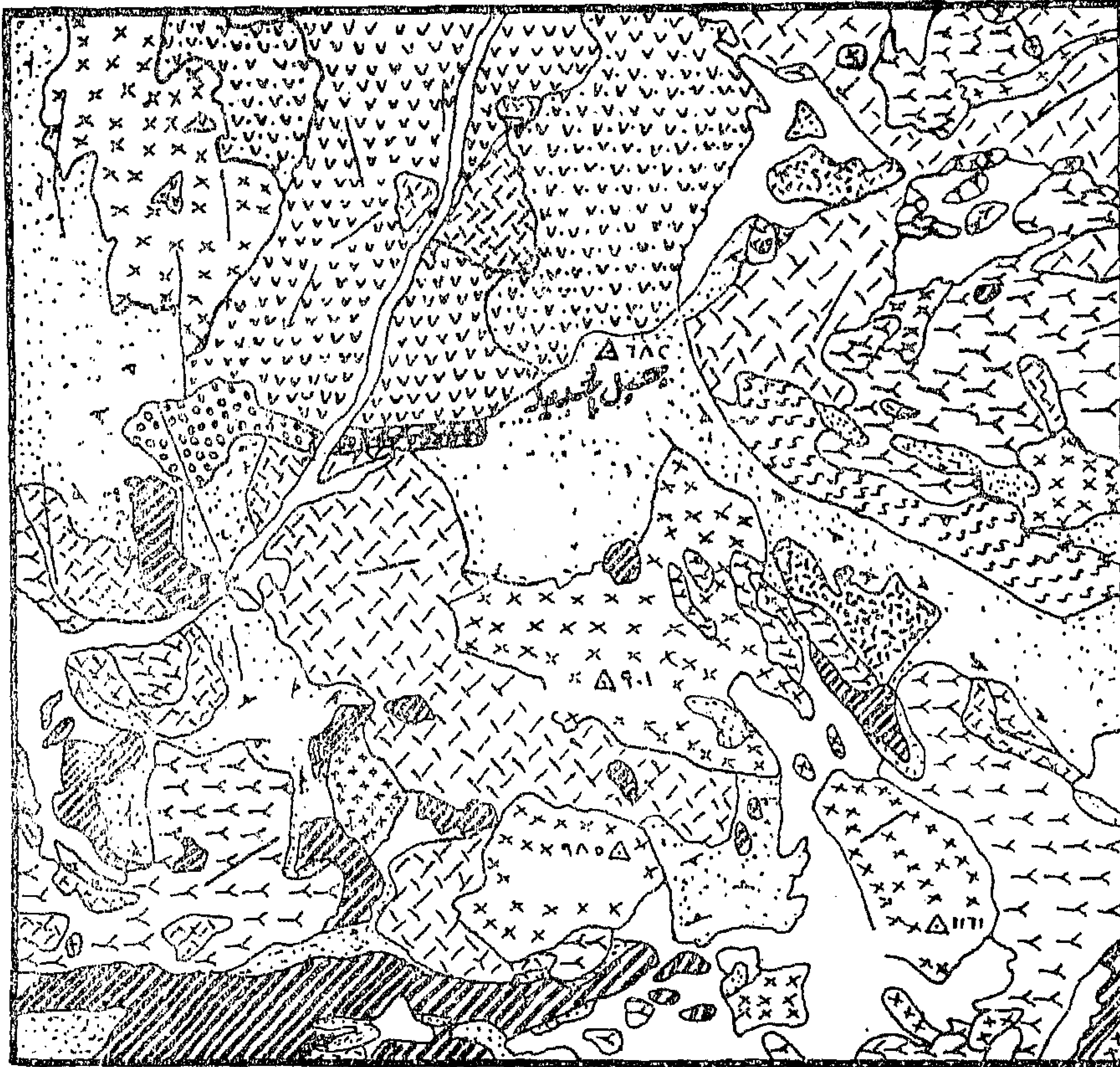

سربنتين


صخور بركانية قاعدية متحولة


امفيبوليت

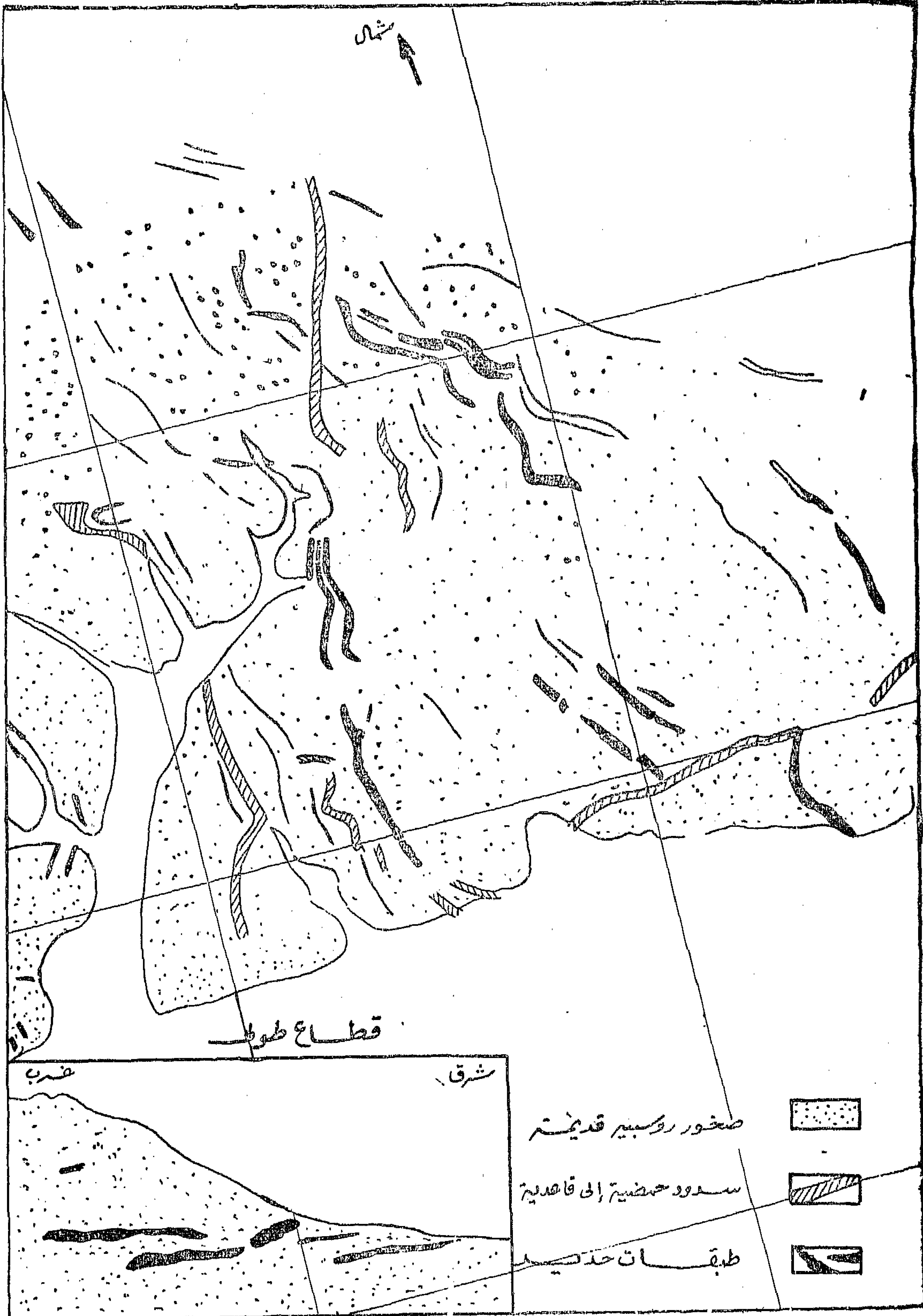

شيست - حجر طيني - حجر ايواكى

جزء من الخريطة الجيولوجية لوسط الصحراء الشرقية
تبين جيولوجية منطقة جبل الحديد



جزء من
رواسب الحديد بوادي الدباح

مقياس الرسم ١ : ٥،٠٠٠



والمنطقة تعرضت لفوالق كثيرة highly faulted سمك طبقات الخام فى الجزء الشرقى رفيعة (١ متر) ولكن فى المتوسط تتراوح من ٧ — ١٣ متر .

والاحتياطيات حوالى ٦ مليون طن .

أم خميس :

سمك طبقات الحديد لاتزيد عن ٢ متر وفى بعض المناطق القليلة ٤ متر . تقدر الاحتياطيات بحوالى ٣ مليون طن .

جبل الحديد :

سمك الطبقات تتراوح من بضعة سنتيمترات إلى ٧ متر تقدر الاحتياطيات بحوالى ٣,٥ مليون طن .

جبل أم نار :

يوجد الخام فى طية محدبة كبقية المناطق السابق ذكرها وتمتد الطبقات لخام الحديد لمسافة حوالى ٧ كيلو متر على جانبى محور الطية المحدبة .

يتراوح سمك الطبقات من بضعة سنتيمترات إلى ٥ متر تبلغ الاحتياطيات ١١,٥ مليون طن .

يقدر مجموع الاحتياطيات فى مناطق وادى كريم — أم خميس — جبل الحديد ماعدا الدباح بحوالى ٣٢ مليون طن تتراوح نسبة الحديد من ٤٠ ٪ إلى ٤٦ ٪ .

أما الدباح فيقدر الاحتياطى بحوالى ٦ مليون طن وتتراوح نسبة الحديد من ٣٦ — ٣٩ ٪ .

السودان

أهم مناطق خام الحديد فى الدرع العربى النوبى بالسودان هى :

١ — فودكوا .

٢ — جبل أبوتلى Abu Tulu

ومعظم الصخور التى يتواجد بها خام الحديد عبارة عن صخور رسوبية قديمة مع صخور بركانية متحولة كما هو الحال فى مناطق الحديد بمصر .

(ا) مناطق فودكوان :

(كابشى — عافية — وعطا الله مرجع رقم ٤) .

يوجد خام الحديد فى حزام من الصخور المتحولة يتكون من صخور رسوبية قديمة Metasediments مع صخور بركانية Altered Volcanics ويحتمل أن تكون هذه الصخور البركانية ملازمة فى العمر للصخور الرسوبية القديمة أو بعدها .

يلاحظ أن التورق Foliation الإقليمى للصخور المتحولة يتجه تقريباً شمال — شمال شرق — جنوب — جنوب غرب . وبزاوية ميل ٦٥ فى اتجاه جنوب — جنوب شرق .

الصخور البركانية حمضية ومعظمها ريوليت ويوجد خام الحديد فى فودكوان فى ثلاث مناطق :

دنجوناب :

فى شمال شرق سلاسل جبال البحر الأحمر بالسودان فى منطقة عند خط عرض ٣٠ً ٤٤َ ٢١° شمالا وخط طول ٤٥ً ٤٢َ ٣٦° شرقا .

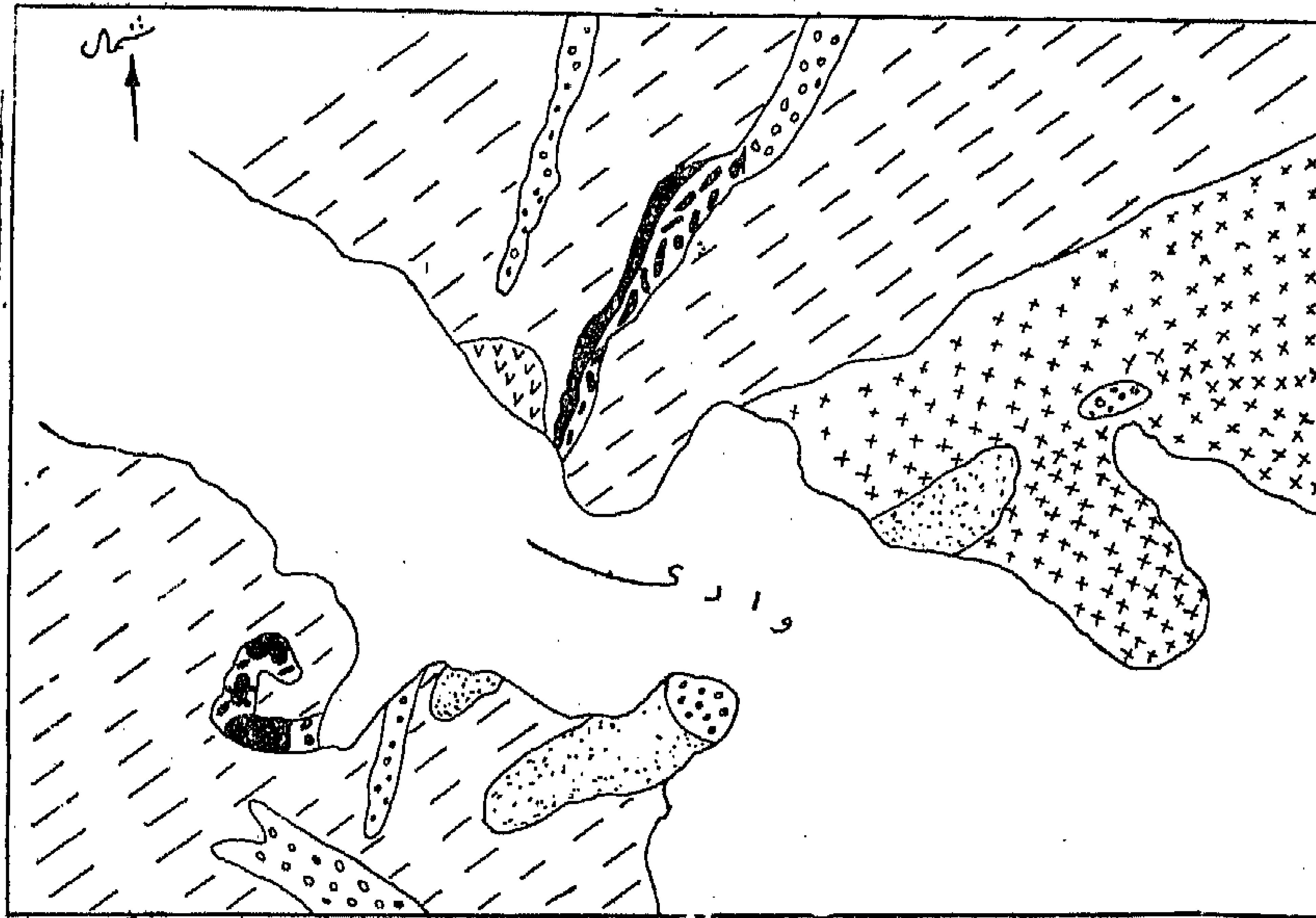
أما المنطقتين الأخريين لخام الحديد يوجد بكميات بسيطة (مناطق ناكورى وشمال ناكورى) .

تعرضت منطقة فودكوان لحركات أرضية أثرت على تكوينات الحديد ، ومن نتيجة هذه القوى تأثرت المنطقة بعدة فوالق .

من المؤلفين عن خام الحديد بالسودان Dunn, Grabham فقسما الخام إلى نوعين :

١ — خام حديد صلب متماسك (Solid)

خريطة جيولوجية (كروكى) لمنطقة فودكوان



٢ — خام حديد هش يتواجد على السطح متأثراً بالظروف الجوية فى منطقة حديد فودكوان يعتبر الخام من النوع الأول تتجه طبقات الحديد فى الاتجاه شمال — شمال شرق — جنوب — جنوب غرب وبزاوية ميل ٦٥ فى الاتجاه جنوب — جنوب شرق (خريطة رقم ٤)، منطقة الحديد تبلغ فى الطول ٩٤٠ متر وفى العرض حوالى ٣٠ متر .

تتكون خامات الحديد من المعادن الآتية :

ماجنيتيت : Magnetite يتراوح من ٦, مليمتر إلى ١,١ مليمتر .

الجوثييت : Geothite يتواجد فى الأنواع السليسيه من الخام .

السدريت : Siderite بكميات بسيطة .

ليمونيت : Limonite نادر وجوده .

بيريت : Pyrite لم يثبت وجوده فى مناطق الخام الرئيسية .

فيما يلى نتائج تحاليل متوسط عشرة عينات للخام :

Fe	62.50 %
Ti	0.87 %
P	0.21 %
S	0.12 %
$Al_2O_3 + SiO_2$	7.80 %

وتحاليل عينات أخرى

Fe	56.90
Ti	0.68
P	n.d.
S	0.06
Mn	0.54
Free Silica	9.16

الاحتياطيات :

الخام المتماسك الصلب (Solid) الكثافة النوعية ٣,٥ ، كمية الخام بعد خصم ٢٠٪ ١٤٣,٩٣٣ طن مترى .

الخام المختلط — الكثافة النوعية ٣ .

كمية الخام ٩٣,٦٤٤ طن مترى .

(ب) مناطق جبل أبوتلى (Abu Tulu) — (منصور — اسكندر مرجع رقم ٥) .

يوجد خام الحديد فى مجموعة صخور تتكون من صخور رسوبية قديمة وبركانية متحولة :

يقع جبل أبوتلى عند خط عرض ٤١َ ١٢° شمالا وخط طول ٤٠َ ٢٨° .

والمؤلفان وجدا أنه يوجد نوعين من الخام :

١ — Micaceous hematite

٢ — Magnetite

ويتواجد مع الخام بكميات بسيطة المعادن الآتية :

كاوريت — بيوتيت — أبيدوت .

يوجد الخام على صورة طبقات كبيرة متعددة ترقد متقاربة ومتوازية للخطوط التركيبية للمنطقة التى تتجه شمال شرق — جنوب غرب .

وأحياناً تحمل الفوالق الطبقات تتجه شرق — غرب والخام عبارة عن هيماتيت وقليل من الماجنيتيت والبيريت قليل جداً .

السليكا توجد على صورة كوارتز وأحياناً :
(Sometimes Jasperoidal Silica)

تتراوح نسبة الحديد من ٢٥٪ — ٦٣٪ .

بمتوسط ٦١,١٢٪ .

السليكا تتراوح من ٤,٨ — ٨ر٦٪ .

ألومينا Al_2O_3 أقل من ٠,٣٨٪

أكسيد ماغنسيوم ٤٦ر٠٪

أكسيد كالسيوم ٠,٤٢٪

ثانى أكسيد المنجنيز ٠,٠٦٪

الاحتياطيات :

تتراوح الكثافة النوعية من ٥ر٤ — ٤,٨ .

الاحتياطيات المحسوبة ٥,٤٥٣,٩٩٦ طن .

الاحتياطيات المقدرة بناء على شواهد جيولوجية .

١٠ر١٢,٣٨٨٠ طن (Indicated reserves)

١٦ر٥٣٣,٦١٦ طن . (Inferred reserves)

مجموع الاحتياطيات ٣٥,٧٣٢,٠٠٠ طن .

العربية السعودية

عن جيولوجية العربية السعودية (مرجع رقم ٨) يشغل الدرع العربى وسط الجزء الغربى من العربية السعودية يمتد إلى أفريقيا .

يتكون الدرع العربى فى السعودية من صخور رسوبية قديمة متأثرة بقوى طى شديدة نتج عن هذه القوى عمليات تحول (Metamorphism)

فى بعض الأماكن تقطع الصخور الرسوبية القديمة بقواطع أو سدود من الصخور الجرانيتية والنارية الأخرى .

وفى بعض الأحيان تظهر صخور بركانية (Lava flow) على السطح مغطية للصخور القديمة .

وخامات الحديد تتواجد فى هذا الدرع فى منطقتين هامتين (مرجع رقم ٩) .

(ا) منطقة الصواوين :

فى شمال غرب المملكة العربية السعودية بالقرب من خليج العقبة .

يوجد الخام على صورة طبقات فى الصخور المتحولة وأهم المعادن المكونة للخام هى :

الهماتيت Hematite

الماجنيتيت Magnetite

نسبة الحديد فى الخام تتراوح من ٣٠ — ٤٠٪ .
وتقدر الكمية بحوالى من ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ إلى ١ر٥٠٠ر٠٠٠,٠٠٠ طن .

(ب) منطقة جبل ادساس :

اكتشف حديثاً عروق أو عدسات من خام الحديد (Magnetite) فى صخور الديوريت والأنديزيت وتتراوح نسبة الحديد من ٦٣ — ٦٨٪ .

تقدر الاحتياطيات بحوالى ٥ مليون إلى ٦ مليون طن .

الحديد باليمن

(تقرير الشاذلى)

قامت صناعة تنجيم محلية لاستغلال خامات الحديد على نطاق ضيق بصعده فى الجزء الشمالى من الجمهورية العربية اليمنية . وتوجد رواسب الحديد فى شكل عروق تملأ الفوالق الرأسية التى كثيراً ما تكون متجهة من الشمال إلى الجنوب . ويوجد هذا النوع من الرواسب فى جبال جنوب شرقى صعده فى شكل أكسيد حديد وليمونيت يختلف فى السمك كثيراً من ٤ — ٥٠ سم وقد يزيد فى الامتداد عن ١٢٠٠ متر (جيكنز ١٩٥٥) وفى هذا الموقع يوجد الحديد على فالق يفصل بين الصخور الجيرية والجرانيت — كما تظهر رواسب حديد مماثلة فى مجز على بعد ٣٧ كيلو متر شمال غربى صعده على طول الفالق الذى يحد أخدود صعده والذى يفصل بين الصخور الجيرية والصخور المتحولة وتوجد رواسب حديد أيضاً من نفس النوع عند ملتقى وادى النجوم بالوادى القادم من صعده وكذلك شمالى صعده . وعلى الرغم من أن هذا الحديد قد سبق استغلاله على صورة محلية ضيقة إلا أن وجوده فى صورة عروق متعامدة غير منتظمة لايزكيه كثيراً للاستغلال على نطاق حديث صناعى . وقد ذكرت تقارير جيكنز (١٩٥٥) وشركة الاستثمار لليمن (١٩٥٦) صعوبة استغلال هذا الخام .

وهناك نوع من الحديد (الهيماتيت الأحمر) وينتشر فى الصخور الرملية المقابلة للحجر الرملى النوبى . وذلك إما على شكل طبقات أوجيوب — وقد وجد الهيماتيت فى الهضبة الواقعة بين كوكبان ووادى لاعه إلى الشمال الغربى من صنعاء . وقد ذكر جيكنز (١٩٥٥) فى تقرير مبدئى أن النسبة المئوية للهيماتيت كبيرة فى الصخور الرملية بما يسمح بتعدينها اقتصادياً لاستخراج الحديد . وقد درس تقرير كروب (١٩٥٣) رواسب الحديد فى الأحجار الرملية بمنطقة الرجام وقدرت الكميات القاسة ٦٧٠٠ طن والكميات المستدل عليها ٦٧٠٠٠ طن من الخام . وتبلغ نسبة الحديد فى هذه الرواسب ٢٥٪ ونسبة السيليكا ٤٢٪ . وقدرت كمية فلز الحديد على الأساس ١٨٧٠٠ طن وهى كمية لا تكفى للاستغلال بالطرق الحديثة ، علاوة على انخفاض نسبة الحديد وارتفاع السيليكا فى هذا النوع من الخام . ومن المحتمل أن يكون هذا النوع من الحديد موجوداً شمالى تعز .

وعلاوة على ما سبق فقد وجدت بلورات من المجنتيت متناثرة فى عروق البجماتيت (المرو) بإقليم حارب وذلك فى الصخور المتحولة ، ولا يعتبر هذا النوع من الحديد اقتصادياً فى استغلاله وإن كان من المحتمل وجود رواسب بين حريب وزيرادج من نوع بحيرة سوبريور وهو النوع الواسع الانتشار فى الدرع الأفريقى .

وإذا قارنا بين أنواع خامات الحديد الأساسية السالفة الذكر لوجدنا أن الصخور الرملية المقابلة للحجر الرملى النوبى . هى أهم مستودعات لخامات الحديد فى الوقت الحاضر . وربما يؤدى البحث بها إلى اكتشاف رواسب للحديد ذات نوع وكم يمكن استغلاله بطريقة اقتصادية . أما تصدير خامات الحديد إلى الخارج فلن يتأتى إلا باكتشاف مواقع قريبة من موانى التصدير وذات درجة مرتفعة لا تقل عن ٥٠٪ حديد وخالية من الشوائب الضارة .

تعليق ورأى

مما سبق يتضح التشابه الواضح فى جيولوجية مناطق الحديد بمصر والسودان والسعودية ، فالخام يتواجد فى صخور روسبية قديمة وبركانية متحولة ، أصل هذه الرواسب

ترسيبات فى طيات مقعرة (Geosynclines) ثم تأثرت بقوى طى شديد صاحبتها عمليات تحول Metamorphism . نتج عن قوى الطى هذه أيضاً أن أخذت طبقات الحديد اتجاهاً معيناً ، فمثلا فى مصر اتجهت الطبقات لخام الحديد فى اتجاه موازى لاتجاه محاور الطيات المحدبة فى مناطق وادى كريم (شمال غرب إلى شرق غرب) فى الرباح (شمال — جنوب) فى أم خميس (شمال جنوب) . وجبل الحديد (شمال غرب — جنوب شرق) كذلك أم نار أما فى السودان فان طبقات الحديد اتجهت موازية لل Foliation فمثلا فى فودكوان اتجهت الطبقات شمال شرق — جنوب جنوب غرب . وفى جبل أبو تلى اتجهت الطبقات شمال شرق جنوب غرب .

أى أن مناطق الحديد سبق أن تعرضت لقوى من نوع واحد أثرت على طبقات الحديد .

كذلك تتشابه خامات الحديد فى مصر والسودان والسعودية فى تكوينها المعدنى فالمعادن المكونة للخام معظمها ماجنيتيت وهيماتيت وقليل من السدريت والليمونيت والبيريت .

أما عن درجة الجودة بالنسبة لما يحتويه الخام من الحديد فتختلف ، فمثلا فى مصر نسبة الحديد فى المتوسط ٤١ ٪ كذلك فى السعودية (منطقة الصواوين) نسبة الحديد من ٣٠ — ٤٠ ٪ هذه نسبة منخفضة قياساً على نسبة الحديد فى خامات السودان ومنطقة ادساس السعودية ، ففى السودان (منطقة فودكوان) تتراوح نسبة الحديد من ٥٦ ٪ — ٦٢ ٪ ومنطقة جبل أبو تلى متوسط نسبة الحديد ٦١ ٪ وبالنسبة للشوائب نجد أن نسبة السليكا فى مصر والسعودية عالية عنها فى السودان .

فى مصر نسبة السليكا ٢٨ ٪ فى حين أن فى السودان النسبة من ٤ر٨ — ٩ ٪ ولو أننى أعتقد أن نسبة السليكا مرتفعة عن ذلك ويفضل الاعتماد لحد ما على نسب التحاليل التى أخذت من الخام فى السودان للأسباب الآتية :

١ — العينات ممثلة لمنطقة الخام تمثيلا مبدئياً لأننى أعتقد أن العينات التى جمعت أغلبها سطحية دون أخذها من أعماق مختلفة من جسم الخام على نطاق واسع بالوسائل المعروفة إما بفتح أنفاق أو حفر آلى (تم حفر ثقبين فقط بالحفر الآلى) .

٢ — قلة العينات التى تم تحليلها فمثلا فى تقرير فودكوان اعتمد على متوسط تحاليل عشرة عينات فقط وتحليل عينات أخرى دون الاهتمام بأخذ عينات أكثر من مناطق تحت السطح .

أما عن الاحتياطيات :

نذكر أن فى مصر حوالى ٣٨ مليون طن خام حديد (مناطق القصير) :

٣٣ مليون طن نسبة الحديد من ٤٠ — ٤٦ ٪ .

٦ مليون طن نسبة الحديد من ٣٦ — ٣٩ ٪ .

وفى السودان بمنطقة فودكوان احتياطى الخام المتماسك حوالى ١٤٣ر٩٣٣ طن والخام المختلط ٩٣ر٦٤٤ طن ، وفى منطقة أبو تلى ٣٥ر٧٢٢ر٠٠٠ طن .

أما العربية السعودية فان منطقة الصواوين قدر خام الحديد من ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن إلى ١,٥٠٠ر٠٠٠,٠٠٠ طن فى اعتقادى هذا تقدير غير سليم وناتج من أن المنطقة لم تبحث تفصيلياً وقدرت الاحتياطيات بصفة مبدئية . إن هذه المنطقة تحتاج لدراسات تفصيلية لتحديد طبقات وأماكن خام الحديد تحديداً دقيقاً ، وأخذ عينات ممثلة المنطقة تمثيلا صادقاً وبالتالى القيام بحسابات الاحتياطيات بأنواعها الثلاث المؤكد والمحتمل والممكن .

كذلك أرى أن مناطق الحديد بالسودان تحتاج لمزيد من الأبحاث ، وخاصة منطقة فودكوان وأبو تلى وعلى الأخص مزيد من أبحاث جيوفيزيقية بصفة مبدئية للبحث عن امتداد الخام تحت السطح فى مناطق أخرى مجاورة .

بل إن الدرع العربي النوبي بالسودان ربما يحتوى على خامات حديدية غير معروفة حتى الآن ، كذلك الحال فى السعودية وقبل البدء فى إجراء مثل هذه الأبحاث يجب تحديد موقع الخام فى تقسيمات صخور القاعدة تحديداً دقيقاً ليسهل البحث والكشف عنه .

مقترحات

لما سبق أقترح :

١ — عمل خرائط جيولوجية تركيبية تفصيلية لمناطق خام الحديد بالسودان والسعودية .

٢ — الاستعانة بالبحث الجيوفيزيقى عن تكوينات الحديد فى الطبقات المقعرة التى سيقدر موقعها بعد عمل الخرائط التركيبية .

٣ — أخذ عينات تمثل مناطق الحديد لمعرفة نسب المكونات من الحديد والسليكا وغيرها بدقة .

٤ — تكوين هيئة عربية مشتركة لبحث خامات ومعادن الدرع العربي النوبى وعمل ربط جيولوجى لها لتحديد أماكن البحث المستقبلة .

REFERENCES

1 — Furon, R., Geology of Africa, 1963.

2 — Higazy, R.A. and Ramly, M.F., Potassium-Argon ages of some rocks from the Eastern Desert of Egypt Geol. Surv. Egypt, 1960.

3 — Kabesh, M.L-Afia, M.S. Wildatalla, Fodikman Iron Deposiits, Geol. Surv. Sudan, 1958.

4 — Mansour, A.O. and Iskander, W., An Iron Ore Deposit at Gebel Abu Tulu, 1960.

5 — Egyptian and German Geologists, Geology of the Iron Deposit of the Kosseir Region, Geol. Surv. Egypt.

6 — Said, R., The Geology of Egypt, 1962.

7 — Aramco Oil Co., Aramco Handbook, 1960.

8 — The Mining Journal, Report on Saudi Arabia, March 1963.

٩ — إمكانيات الثروة المعدنية بالجمهورية العربية اليمنية ، الشاذلى محمد الشاذلى ، يوليه ١٩٦٢ .

١٠ — استثمار الثروة المعدنية فى الجمهورية العربية المتحدة المؤتمر الهندسى العربى التاسع بغداد ١٩٦٤ محمد محمود عبد التواب ، ديسمبر ١٩٦٤ .

The Installation irradiator can be charged with radiation sources with activity of 480 curies up to 2,600 curies, as may be required by an experiment.

The operation of the Installation is but simple: to get the working chamber ready for radiative experiments, the operator by depressing the button (arrow upwards) on the control board brings the working chamber to position "object is out off radiation reach". Once in this position, the operator by pressing the catch shank with the forefinger removes the cover of the working chamber to mount the object of radiation. Thereupon the operator proceeds as follows :

1. presses out the catch to insert the cover into the mortise;
2. depresses the button (arrow downwards) on the control board to let the working chamber with the object under research go to the lower extreme in the centre of the irradiator.

The final position is fixed automatically by the limit switches. After completing the experimental work, all the operations have to be conducted in a reverse order whereupon the objects irradiated can be removed from the working chamber to proceed with further researches and make all necessary preparations for the experiment to come. The Installation is attended by one operator.

The MRX-γ-100 powerful Installation is another commercial Installation designed to conduct microbiological and radiochemical researches. The basic design development of the Installation allows for : its accomodation in a common laboratory of biological or chemical type, high reliability in operation, long life, safety for attenders, charging and change of radiation sources under laboratory conditions, commercial production at any machine—building plant, ease of maintenance on radiative researches at the present technical level i.e. in flowing, circulating and static conditions over the range of temperatures from — 196°C up to + 550°C and pressures from 10^{-5} mm. Hg. up to 100 atm. The Installation enables one to make use of all-soldered glass sysems, to ensure adequate uniformity of exposure field and high dose rate including operation at thermostatic control of the working volume utilizing the up-to-date analyzers.

At present the experimental potentialities of the MRX type Installations are matreially greater than microbiological experiments of today require.

The Gamma-Installation of LMB and MRX type are supplied for world markets by V/K "Techsnabexport foreign trade organization (Moscox, G—200 USSR).

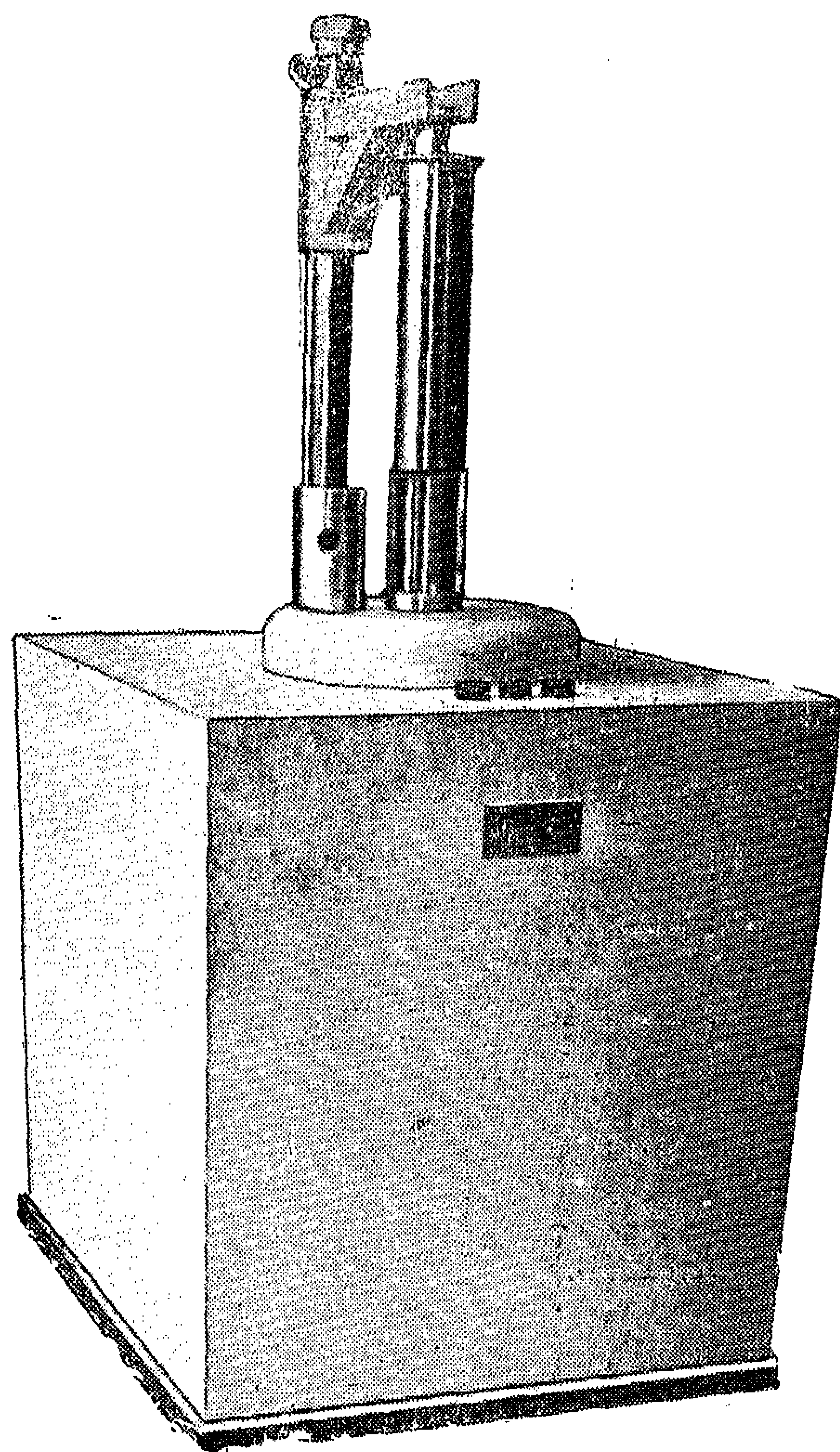
REFERENCES

1. A.V. Bibergal, V.I. Sinitsin, N.I. Leshchinsky "Isotopic Gamma-Installations Atomizdat, 1960.
2. D. A. Kaushansky "Atomic Energy" vol. 23, Nov. 1967.
3. Regulations on Transportation of Radiative Substances N 349-60, Moscow, Atomizdat, 1960.

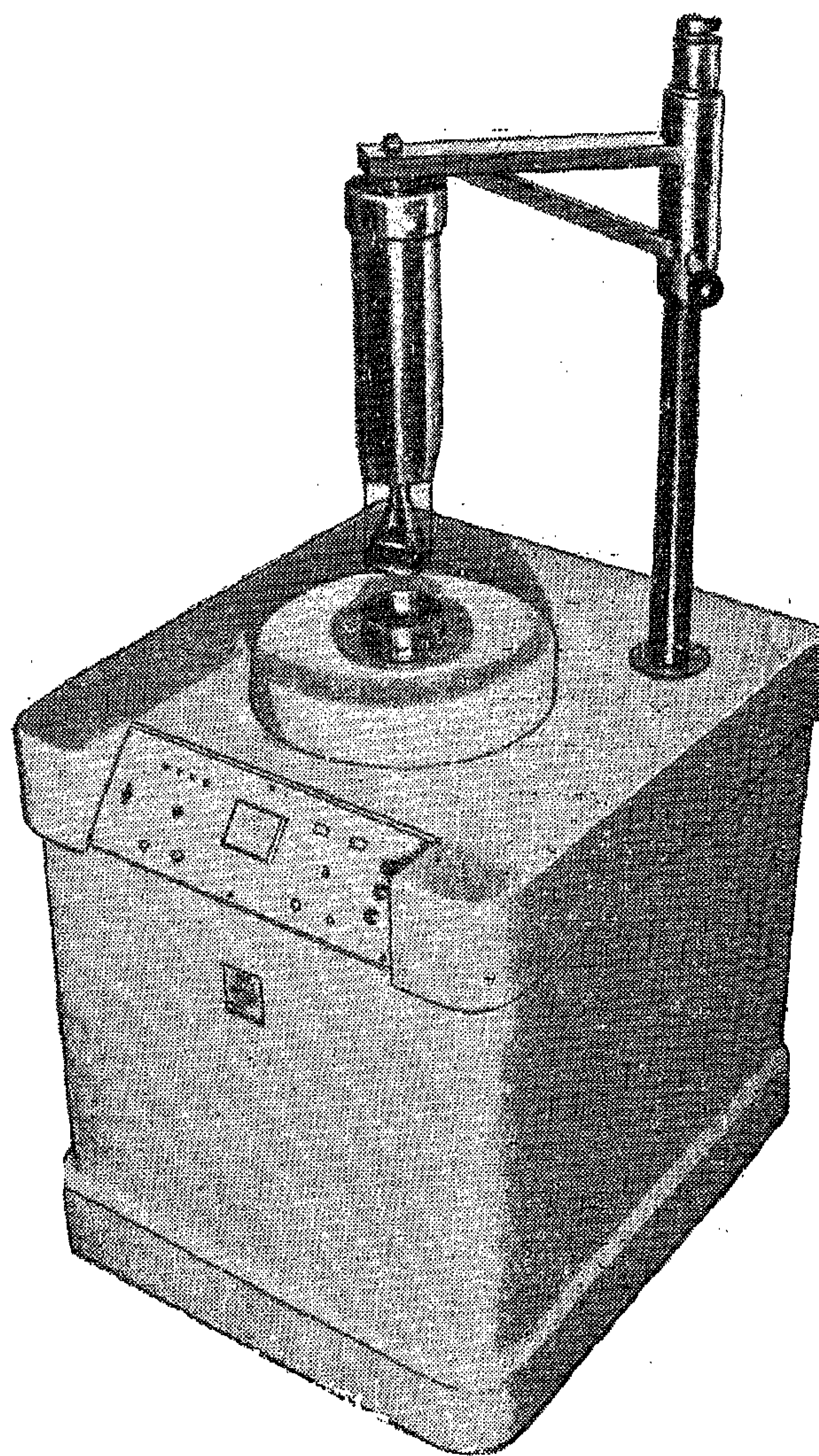
and with power conductors inlet. The working chamber is equipped with a detachable cover (8). The working chamber 10 cm high hand 6 cm across is provided with gas (liquid) inlet and outlet including power conductors inlet. The centre of the chamber is brought into coincidence with that of the cylindrical irradiator accurate to ± 0.1 cm. The upper part of the Installation is taken up by a collar (9) intended for radiation protection whilst the Installation working chamber either is running or remaining in final positions. On the underside there is a shield plus (10).

The lifting mechanism (11) accomplishes the working chamber displacement. The final position is fixed by the limit switches. The Installation in conjunction with the frame (12) is placed on the plate (13). The lined frame accommodates the control board (14) whereon the control buttons are located to control working chamber lifting (lowering).

The Installations are available along with charge radiation sources. Charging (change of radiation sources) can follow "dry" or "wet" methods.



3. Laboratory Gamma-Installation for microbiological and biochemical researches of LMB-γ-type (position "object is out of radiation reach").

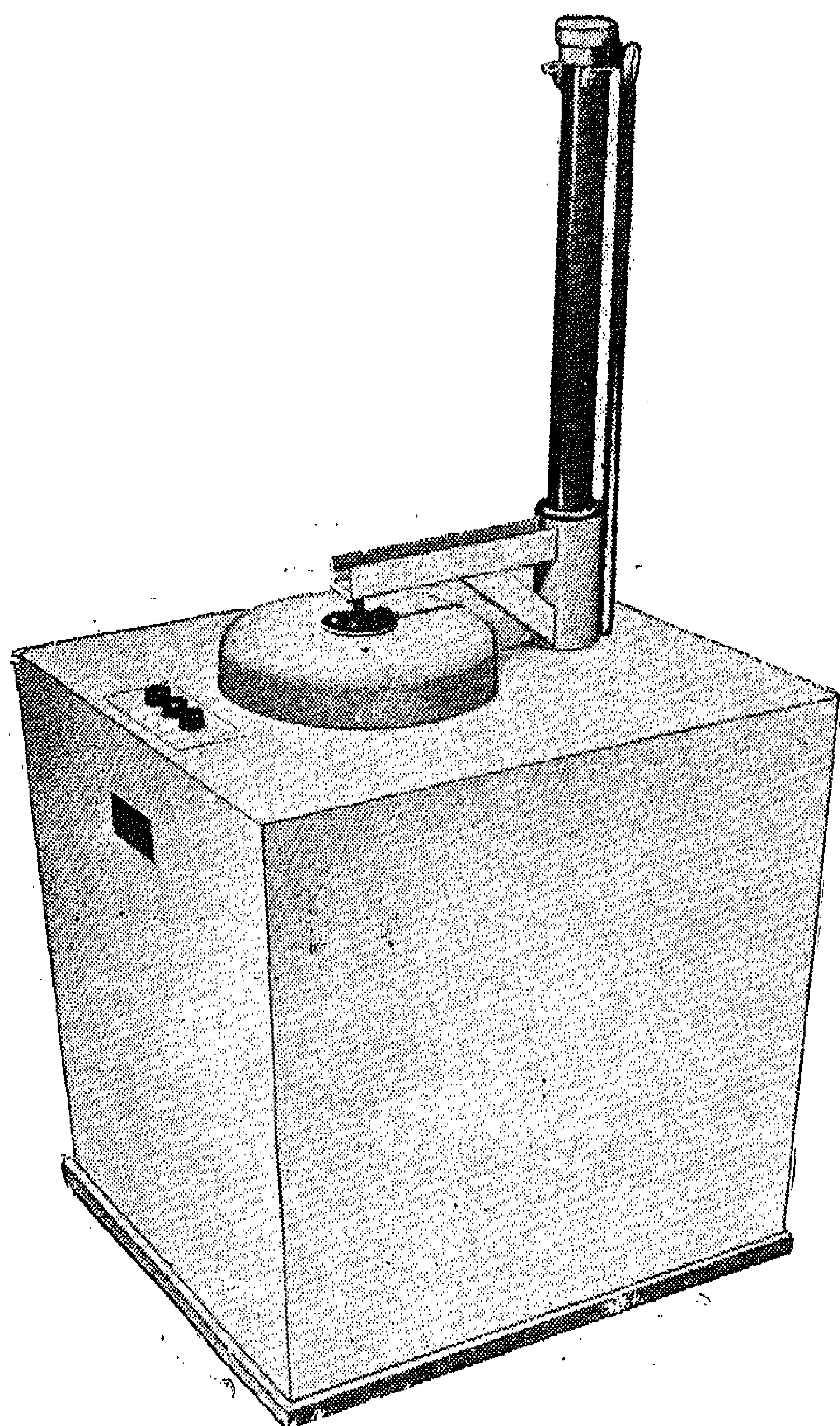


4. Self-protecting powerfull Gamma-Installation for microbiological and Rediochemical researches of MPX-γ-100 type.

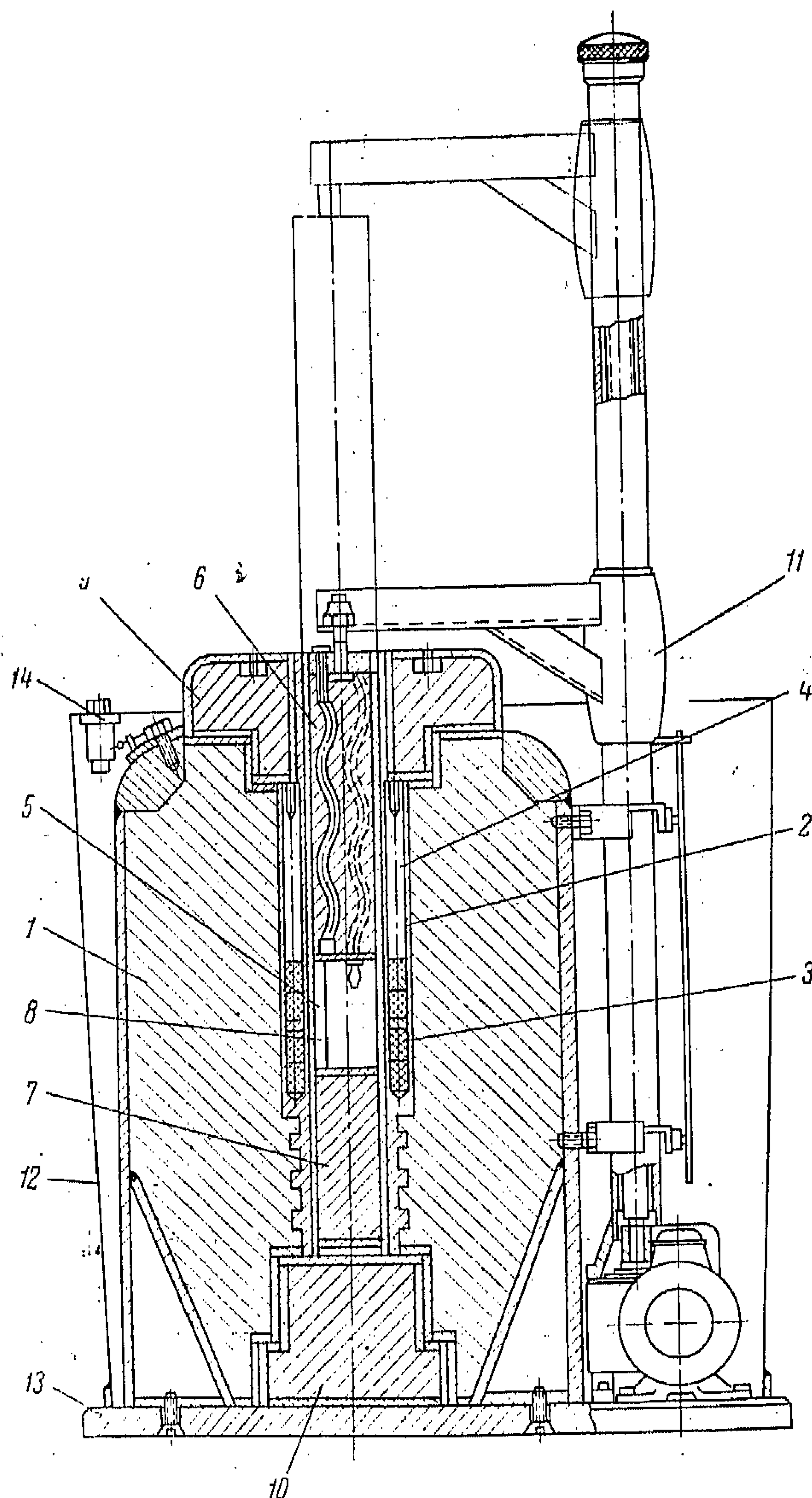
In this paper we will concern ourselves with two types of the Installations utilizing Cs^{137} and Co^{60} turned out by the Soviet Union. These are the LMB type laboratory Installation of small size and the MRX type powerful Gamma-Installation.

When developing Gamma-Installations the following tasks are brought forth : to afford convenience to conduct microbiological, biochemical, genetic and other radiobiological experiments at scientific Institutions, higher educational Institutes and experimental stations; to allow for broad experimental potentialities and low cost.

The LMB—γ—IM Installation comprises a lead container (1) with a guiding pipe (2) centrally located along the container axis. The pipe (2) is simultaneously the irradiator holder to accommodate the Cs^{137} radiation source (3), (6 line sources along the cylinder generatrix). The canals of the holder are provided with chokes (4). The cylindrical volume (5) (working chamber) being integral with two lead plugs (6), travels along the container axis over the guiding pipe (2) to afford biological shielding (7). The upper plug (6) is complete with two spiral inlets for gas (liquid)



1. Laboratory Ga...na-Installation for microbiological and biochemical researches of LMB-γ-1 type (operating position of Installation "object is in the reach of radiation").



2. The LMB-γ-1 Installation (cross section).

LABORATORY GAMMA-INSTALLATIONS FOR MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESEARCHES*

by

D. Kaushansky,
Cand. Technical Sciences

Experimental potentialities, cost, convenience of operation, safety and reliability are of crucial importance in settling the design of an isotopic Gamma-Installation where it is intended to conduct researches.

At present the Soviet Union has devised a rather comprehensive technique of radiation meanns for experimental purposes which is adequate to the above requirements.

The present stage of radiation sources application in radiobiology (including radiation genetics, radiation microbiology, cytology, etc.) on the one hand is characterized by the quest to extend overall scope of investiigatons and on the other hand to obtain economically efficient processes and systems.

Nearly all known radiative researches to be conducted commercially are accomplished in 2 stages :

1) Laboratory data acquisition.
2) Data acquisition by pilot or enlarged installation or industrial data acquisition.

The objectives to be pursued by laboratory researches are to reveal regularity and parameters of radiative effect of various dose rates and doses absorbed. The basic requirement of laboratory researches is to obtain good reproducibility of the results. Reproducib'lity is dependant on the extent of radiation uniformity and time accuracy. Pursuance of experiments in terms appropriate for researchers is also of great importance. It is essential that a number of physico-chemical parameters (temperature, medium, pressure) be obtainable in the course of researches.

In modern practice Co^{60} and Cs^{137} are chiefly two types of radiation sources employed for isotopic research Gamma-Installations as radiation sources.

For Installation calling for a large dose rate and hence high radiation activity it is more expeditious to make use of Co^{60} as a cheaper tonic material as against the Cs^{137} radiation source.

At the same time it is a matter of general experience that in exposing objects 25-30 cm. thick the doses absorbed by Co^{60} and Cs^{137} are practically the same.

This factor combined with the task put forward allowed Cs^{137} to be used as radiation sources to develop compact actually table laboratory self-protecting Gamma-Installations.

The said Installations show advantages over Installations of similar type utilizing Co^{60} radiation source :

- weight of biological shielding is nearly thrice as less ;
- life-time of radiation sources is 5 or 6 fold (provided amortization period of radiation sources equals half-life thereof).

At the jubilee International fair held in September 1968 in Brno (Czechoslovakia) the Installation gained the Gold Mdeal (Grand Prix) and the Gold Medal at VDNKH—68 (USSR).

then equations (37) — (40) can be written as :

$$E_d(s) = s\,A(s)\,E(s) - (r + s\,B(s))\,I_d(s) + \omega\,x_q'\,I_q(s) + (sC(s) - \psi_d(0)), \quad (44)$$

$$E_q(s) = \omega\,A(s)\,E(s) - \omega\,B(s)\,I_d(s) - (r + s\,x_q')\,I_q(s) + (\omega\,C(s) - \psi_q(0), \quad (45)$$

$$I(s) = A(s)\,E(s) + T_o\,s\,(x_d - x_d')\,A(s)\,I_d(s) + T_o\,\psi(0) \quad (46)$$

Equations (44), (45), (46) are represented by the block diagram shown in figure.

REFERENCES :

1) F. MARGAND. Equations Generales d'Une Machine Synchrone Non Saturee Hors du Regime Normal. Comptes Rendus, Academie Des Dciences, Paris, France, vol. 186 1928 pp 1100.

2) R.H. PARK. Two-Reaction Theory of Synchronous Machines. AIEE Transactions pt. I vol. 48 July 1929 pp. 716 pt. II vol. 52 March 33 p. 352.

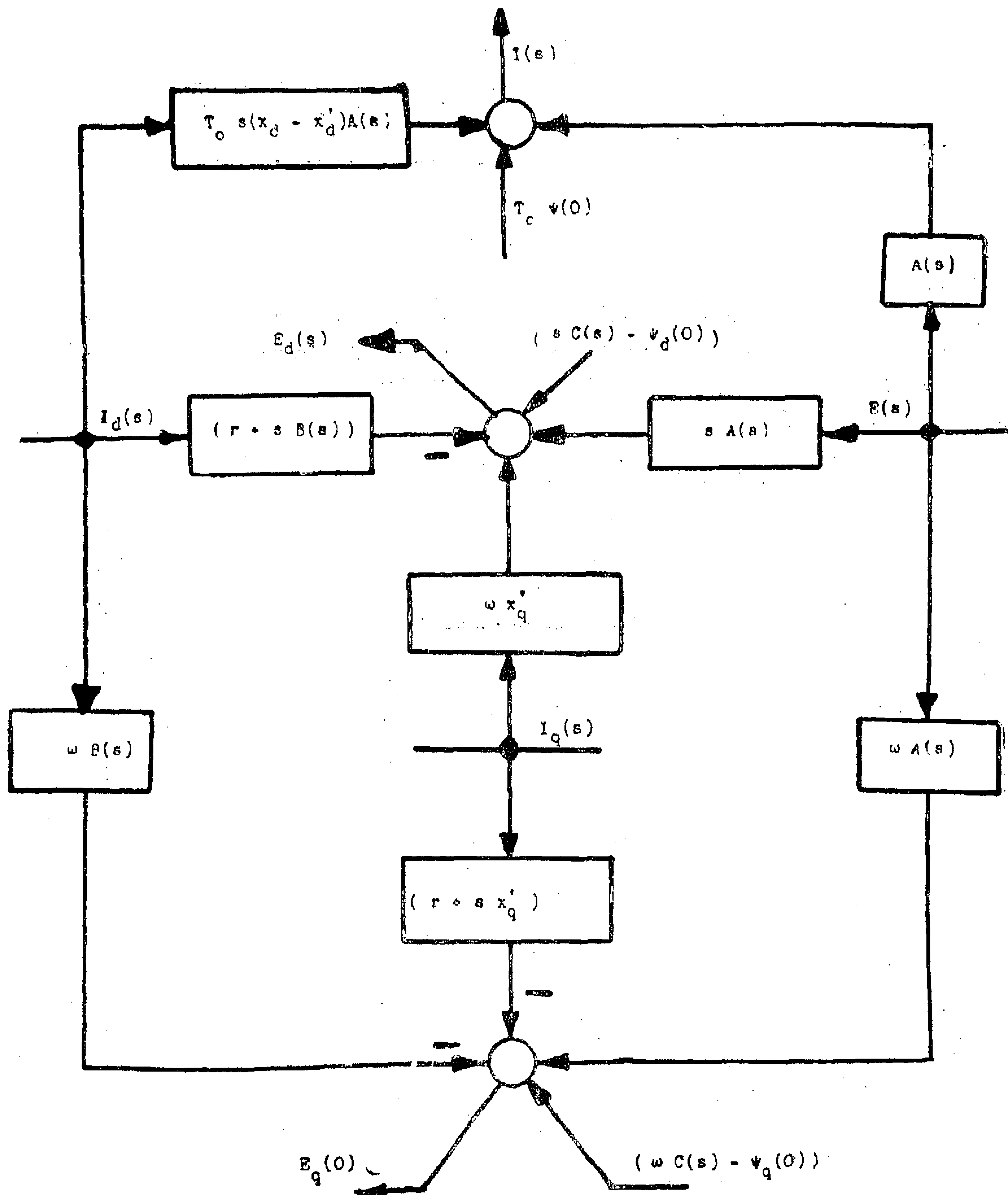
3) S.L. MIKHAIL. "Vector Theory of Synchronous Machines. Electrical Engineering July, 1954 p. 622.

4) S.B. CRARY. Tow Reaction Theory of Synchronous Machines. AIEE Transactions vol. 56. 1937 p. 27.

5) C. CONCORDIA. Two-Reaction Theory of Synchronous Machines with any balanced Terminal. Impedance. AIEE Transactions 1937 p. 1124.



Figure 1. Block Diagram Representation of The Synchronous Machine



or

$$E_r = P\,\Psi_r - r\,I \qquad (24)$$

where

$$P = \begin{Bmatrix} p & -p\,\Theta & 0 \\ p\,\Theta & p & 0 \\ 0 & 0 & p \end{Bmatrix} \qquad (25)$$

Equations (24) are Park's equations in matrix form. Together with the field differential equations, they represent the total mathematical description of the network.

The field differential equation is :

$$E = T_o\,p\,\psi + I \qquad (26)$$

where E is the field voltage, I the current, ψ the field flux linkage and T_o the no-load field time constant.

LAPLACE TRANSFORM EQUATIONS :

Laplace transforming equations (24), thus

$$E_r(s) = S\,\Psi_r(s) - \Psi_o - r\,I(s) \qquad (27)$$

where,

$$S = \begin{Bmatrix} s & -\omega & 0 \\ \omega & s & 0 \\ 0 & 0 & s \end{Bmatrix} \qquad (28)$$

where $\omega = p\,\Theta$ assumed constant.

Laplace transforming equation (26) gives,

$$E(s) = T_o\,s\,\Psi(s) - T_o\,\Psi(0) + I(s) \qquad (29)$$

From Park's paper[2] we can write the relations between flux linkages and currents as,

$$\psi_d = \frac{E}{(1 + T_o\,p)} - \frac{(x_d'\,T_o\,p + x_d)\,i_d}{(1 + T_o\,p)} \qquad (30)$$

or

$$\psi_d\,(1 + T_o\,p) = E - (x_d'\,T_o\,p + x_d)\,i_d \qquad (31)$$

Laplace transforming equation (31) gives,

$$\psi_d(s)\,(1 + T_o\,s) - T_o\,\psi_d(0) = E(s) - (x_d'\,T_o\,s + x_d)\,I_d(s) + x_d'\,T_o\,i_d(0) \qquad (32)$$

or

$$\psi_d(s) = \frac{E(s)}{(1 + T_o\,s)} - \frac{(x'_d\,T_o\,s + x_d)}{(1 + T_o\,s)}\,I_d(s) + \frac{x_d'\,T_o\,i_d(0) + T_o\,\psi_d(0)}{(1 + T_o\,s)} \qquad (33)$$

Also from Park[2]

$$\psi_q(s) = -x'_q\,I_q(s) \qquad (34)$$

and

$$\psi(s) = I(s) - (x_d - x_d')\,I_d(s) \qquad (35)$$

Substituting equations (33), (34), (35) in equations (28), (29) and leaving the zero sequence equations, thus,

$$E_d(s) = s\,\psi_d(s) - \psi_d(0) - r\,I_d(s) - \omega\,\psi_q(s) \qquad (36)$$

$$= \frac{s}{(1 + T_o\,s)}\,E(s) - \left[\frac{s\,(x_d'\,T_o\,s + x_d)}{(1 + T_o\,s)} + r\right] I_d(s) + \omega\,x_q'\,I_q(s) - \psi_d(0) + \frac{s\,(x_d'\,T_o\,i_d(0) + T_o\,\psi_d(0))}{(1 + T_o\,s)} \qquad (37)$$

and

$$E_q(s) = \frac{\omega}{(1 + T_o\,s)}\,E(s) - \frac{\omega\,(x_d'\,T_o\,s + x_d)}{(1 + T_o\,s)}\,I_d(s) - (r + s\,x_q')\,I_q(s) - \psi_q(0) + \frac{\omega\,(x_d'\,T_o\,i_d(0) + T_o\,\psi_d(0))}{(1 + T_o\,s)} \qquad (38)$$

also,

$$E(s) = T_o\,s\,I(s) - T_o\,s\,(x_d - x_d')\,I_d(s) - T_o\,\psi(0) + I(s) = (1 + T_o\,s)\,I(s) - T_o\,s\,(x_d - x_d')\,I_d(s) - T_o\,\psi(0) \qquad (39)$$

giving,

$$I(s) = \frac{E(s)}{(1 + T_o\,s)} + \frac{T_o\,s}{(1 + T_o\,s)}\,(x_d - x_d')\,I_d(s) + T_o\,\psi(0) \qquad (40)$$

Assuming,

$$A(s) = \frac{1}{(1 + T_o\,s)} \qquad (41)$$

$$B(s) = \frac{x_d'\,T_o\,s + x_d}{(1 + T_o\,s)} \qquad (42)$$

$$C(s) = \frac{x_d'\,T_o\,i_d(0) + T_o\,\psi_d}{(1 + T_o\,s)} \qquad (43)$$

then the matricees E_r , I_r , Ψ_r are defined in terms of the matrices E_s , I_s Ψ_s as follows :

$$E_r = A\ E_s \ , \tag{7}$$

$$I_r = A\ I_s \ , \tag{8}$$

$$\Psi_r = A\ \Psi_s \ , \tag{9}$$

Where the matrix A is the transformation matrix given by :

$$A = \tfrac{2}{3} \begin{Bmatrix} \cos\Theta & \cos(\Theta - 2\pi/3) & \cos(\Theta + 2\pi/3) \\ -\sin\Theta & -\sin(\Theta - 2\pi/3) & -\sin(\Theta + 2\pi/3) \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{Bmatrix} \tag{10}$$

Where Θ is the angle between the axis of phase a and the direct axis.
Thus the matrices E_s, I_s, Ψ_s are given in terms of the matrices E_r , I_r , Ψ_r as follows :

$$E_s = B\ E_r \ , \tag{11}$$

$$I_s = B\ I_r \ , \tag{12}$$

$$\Psi_s = B\ \Psi_r \ , \tag{13}$$

Where

$$B = A^{-1} = \begin{Bmatrix} \text{Cos}\,\Theta & -\text{Sin}\,\Theta & 1 \\ \text{Cos}\,(\Theta - 2\pi/3) & -\text{Sin}\,(\Theta - 2\pi/3) & 1 \\ \text{Cos}\,(\Theta + 2\pi/3) & -\text{Sin}\,(\Theta + 2\pi/3) & 1 \end{Bmatrix} \tag{14}$$

PARK'S EQUATIONS :

The differential equations for the armature windings are given by,

$$E_s = p\ \Psi_s - r\ I_r \ , \tag{15}$$

where $p = d/dt$, r the armature resistance.
Substituting equations (11) — (14) in equation (15) gives,

$$A^{-1}\ E_r = p\ A^{-1}\ \Psi_r - r\ A^{-1}\ I_r \ . \tag{16}$$

Multiplying this equation by the matrix A, then, $E_r = A\ p\ A^{-1}\ \Psi_r - r\ I_r$, (17)

giving

$$E_r = A\ (A^{-1}\ p\ \Psi_r + p\ A^{-1}\ \Psi_r) - r\ I_r \tag{18}$$

Thus

$$E_r = p\ \Psi_r + A\ (p\ A^{-1})\ \Psi_r - r\ I_r \tag{19}$$

and

$$E_r = p\ \Psi_r + \tfrac{2}{3}\ p\Theta \begin{Bmatrix} \cos\Theta & \cos(\Theta - 2\pi/3) & \cos(\Theta + 2\pi/3) \\ -\sin\Theta & -\sin(\Theta - 2\pi/3) & -\sin(\Theta + 2\pi/3) \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} -\sin\Theta & -\cos\Theta & 0 \\ -\sin(\Theta - 2\pi/3) & -\cos(\Theta + 2\pi/3) & 0 \\ -\sin(\Theta + 2\pi/3) & -\cos(\Theta + 2\pi/3) & 0 \end{Bmatrix} - r\ I_r \tag{20}$$

giving ,

$$E_r = P\ \Psi_r + \tfrac{2}{3}\ p\ \Theta \begin{Bmatrix} 0 & -3/2 & 0 \\ 3/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix} \Psi_r - r\ I \tag{21}$$

Thus,

$$E_r = P \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \Psi_r + p\ \Theta \begin{Bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix} \Psi_r - r\ I \tag{22}$$

and

$$E_r = \begin{Bmatrix} p & -p\ \Theta & 0 \\ p\ \Theta & p & 0 \\ 0 & 0 & p \end{Bmatrix} - r\ I \tag{23}$$

LAPLACE-TRANSFORM AND BLOCK-DIAGRAM REPRESENTATION OF THE SYNCHRONOUS MACHINE AS A PART OF THE POWER SYSTEM

By

Dr. SAAD LUKA MIKHAIL
Assoc. Professor of Electrical Engineering,
Ain-Shams University.

SYNOPSIS ·

This paper gives a systematic presentation of the transformation into direct, quadrature and zero components that makes Park's equations easier to teach. The Laplace transform is used to write stator and rotor equations and then these equations are represented by a block diagram. The assumption of one rotor circuit and constant rotor speed simplifies the results.

INTRODUCTION :

The analysis of the role of the synchronous machine in the analysis of transients on electrical power systems can be simplified greatly by the use of the transformation into direct, quadrature and zero componenets originally used by Margand[1], and by Park[2]. A vector presentation of Park's equations is given by the author[3]. Grary[4] gives an application of Park's equations to the case of capacitive loading of the power system and Concordia[5] gives application to any symmetrical load. The armatutre differential equations contain time-varying coefficients. If the external load is symmetrical, the transformation of the armature differential equations using rotor components yields linear differential equations with constant coefficients. Laplace transforming these equations and the differential equation of the field yields the relations between the voltages in the armature and the field and the flux linkages and the currents. Substituting the relation between the fluxes and the armature and field currents and field voltage yields the relations between the field voltage and the field and armature currents which are represented by a block diagram. The per unit system and the assumptions used by Park[2] are used and the case of constant rotor speed and one rotor circuit is considered.

THE ROTOR COMPONENTS :

Assuming the armature terminal voltages of phases a, b, c are e_a, e_b, e_c respectively the armature phase currents are i_a, i_b, i_c and the flux linkages of phases a, b, c are ψ_a, ψ_b, and ψ_c. Also if i_d, i_q, i_o are the direct, quadrature and zero components of armature currents, e_d, e_q, e_o are the direct, quadrature and zero components of armature terminal voltages, ψ_d, ψ_q, ψ_o are the direct, quadrature and zero components of armature flux linkages and the matrices E_s, E_r, I_s, I_r, Ψ_s, Ψ_r, are defined by :

$$E_s = \begin{Bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{Bmatrix}, \qquad (1)$$

$$E_r = \begin{Bmatrix} e_d \\ e_q \\ e_o \end{Bmatrix}, \qquad (2)$$

$$I_s = \begin{Bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{Bmatrix}, \qquad (3)$$

$$I_r = \begin{Bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_o \end{Bmatrix}, \qquad (4)$$

$$\Psi_s = \begin{Bmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{Bmatrix}, \qquad (5)$$

$$\Psi_r = \begin{Bmatrix} \psi_d \\ \psi_q \\ \psi_o \end{Bmatrix}, \qquad (6)$$

[8] Huppert, M.C. Preliminary investigation of flow fluctuations during surge and blade row stall in axial flow compressors. NACA RM E 52 E 28, 1952.

[9] Iura, T. and Rannie, W.D. Observations of propagation stall in axial flow compressors. Rep. No. 4, Mech. Eng., Lab, C.I.T. Apr. 1953.

[10] Huppert, M.C. Johnson, D.F. and Costilow, W.L. Preliminary investigation of compressor blade vibrations excited by rotating stall. NACA RM E 52 J 15, 1952.

[11] Huppert, M.C., Calvert, H.F. and Meyer, A.J. Experimental investigation of rotating stall and blade vibration in the axial flow compressor of a turbojet engine. NACA RM E 54 AO 8, 1954.

[12] Sears, W.R. Rotating stall in axial compressors. Z. Angew. Math. Phys. 35 No. 6, 1955.

[13] Marble, F.E. Propagation of stall in a compressor blade row. Jour. Aero. Sci. vol. 22, 1955.

[14] Stenning, A.H., and Kriebel, A.R. Stall propagation in a cascade of airfoils. ASME paper No. 57—SA—29. 1957.

[15] Kriebel, A.R. Seidel, B.S. and Schwind, R.G. Stall propagation in a cascade of airfoils. NASA TR—61.

Among those are the detection of various stall propagation patterns and their frequencies. It was even possible to measure the flow pulsations accompanying rotating stall and consequently the vibratory stresses resulting from resonance conditions were estimated. Different methods of eleminating such resonance have been investigated and successful results were obtained. It was by virtue of those results that many fatigue failures of early compressors were eliminated in previous designs.

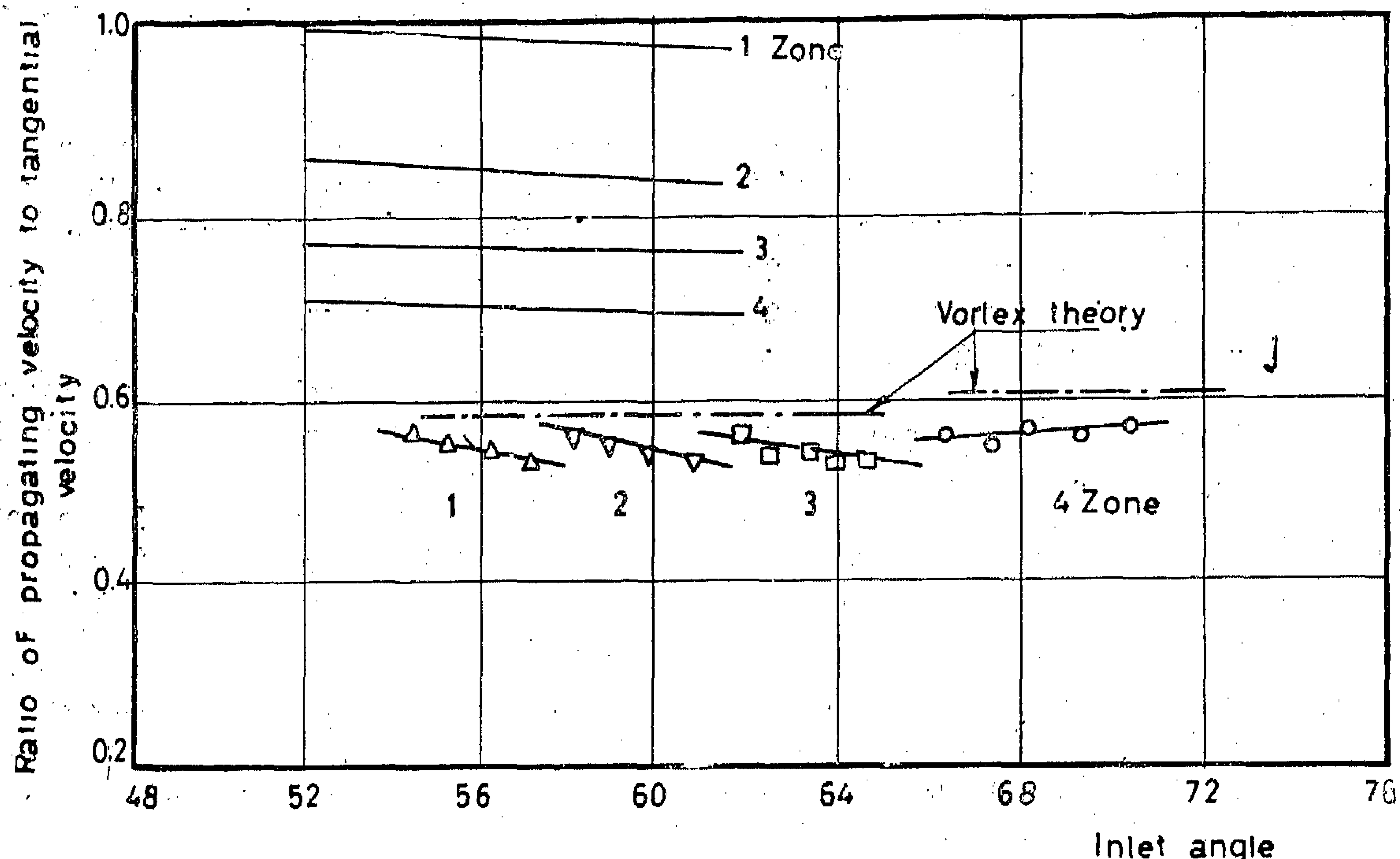


Fig. 6

8. *BIBLIOGRPHY* :

[1] Cheshire, L.J. The design and development of centrifugal compressors for aircraft gas turbines. Proc. Inst. Mech. Eng. vo. 153, 1945, pp. 426.

[2] Sears, W.R. On asymmetric flow in an axial flow compressor stage. Jour. of applied mechanics vol. 20, Trans. ASME. vol. 75, 1953, pp. 57.

[3] Emmons, H.W. Pearson, C.E., and Grand, H.P. Compressor surge and stall propagation. Trans. ASME vol. 77 1955.

[4] Huppert, M.C., and Benser, W.A. Some stall and surge phenonena in axial flow compressors. Jour. Aero. Sci., vol. 20 No. 12, Dec. 1953, pp. 835.

[5] Ossofsky, E. Constant temperature operation of the hot wire anemometers at high frequency. Rev. Sci. Instr. vol. 19, No 12, Dec. 1948. pp. 881.

[6] Laurence, J.C. and Landes, L.G. Auxiliary equipment and techniques for adapting the constant temperature hot wire anemometer to specific problems in air flow measurements. NACA TN 2843, 1952.

[7] Lowell, H.H. Design and application of hot wire anemometers for steady state measurements at transonic and supersonic air speeds. NACA TN 2117, 1950.

assumed time delay between changes in angle of attack and changes in the field ahead of the cascade. Pressure vatiations behind the cascade were assumed negligible and the cascade characteristics were assumed to be a continuous function of inlet angle. Emmons did not solve the unsteady equation of motion and, therefore, was unable to predict the velocity or propagation.

Sears [12], considered the case of disturbances which were large with respect to the blade chord and obtained the first complete solution. He assumed the existence of stalled regions moving with steady velocity along the cascade and calculated their velocity, and the conditions required to produce them. The velocity field downstream of the cascade was considered to be continuous. Sears failed however, to realize the full consequences of the assumption of large stall zones and introduced a boundary-layer phase lag, in his conclusion, be of prime importance in influencing stall propagation. Although be obtained a solution showing stall propagation occuring with zero boundary-layer phase lag, in his conclusion. Sears still stated that the speed of propagation of this phenomenon is determined by viscous effects.

Marble, [13], noted the inconsistency of Sears analysis with regard to the boundary layer delay and presented a theory for large stall zones in which the intertia of the fluid outside the blade row was considered to be of much greater importance than either the boundary-layer time delay or the inertia of the fluid between the blades. In addition, by a very ingeneous method he was able to treat the effect of discontinuity in the cascade pressure rise characteristic and show how the shape of the propagating wave changed as the mean inlet angle of the cascade increased. The propagation velocities obtained were the same as those predicted by Sears for zero boundary-layer phase lag. Marble's theory, like Sears', is valid only for a mean flow condition in which there is a very small pressure rise across the cascade, since a finite step in pressure is accompanied by finite velocity changes and the theory is based on the assumption of small perturbations in velocity.

Stenning [14] presented a theory of rotating stall in a cascade of airfoils of high solidity, which included the effects of finite blade chord and of the boundary layer response to changes in angle of attack, when the flow downstrean of the blade row was treated as a series of free jets discharging into a constant pressure chamber. The wave length and propagation velocity of stall zones were predictd. The former was found to depend on the time required for movement of the seperation point on the airfoil, while the latter was dependent on the wave length itself.

Stenning and Kriebel [15] have suggested a completely different approach to the problem. The speed and wave length of stall zone may be calculated from the induced velocities of the vortex street. The vortices of this street are shed by the blade cascade, as the stall zone reaches and leaves each blade.

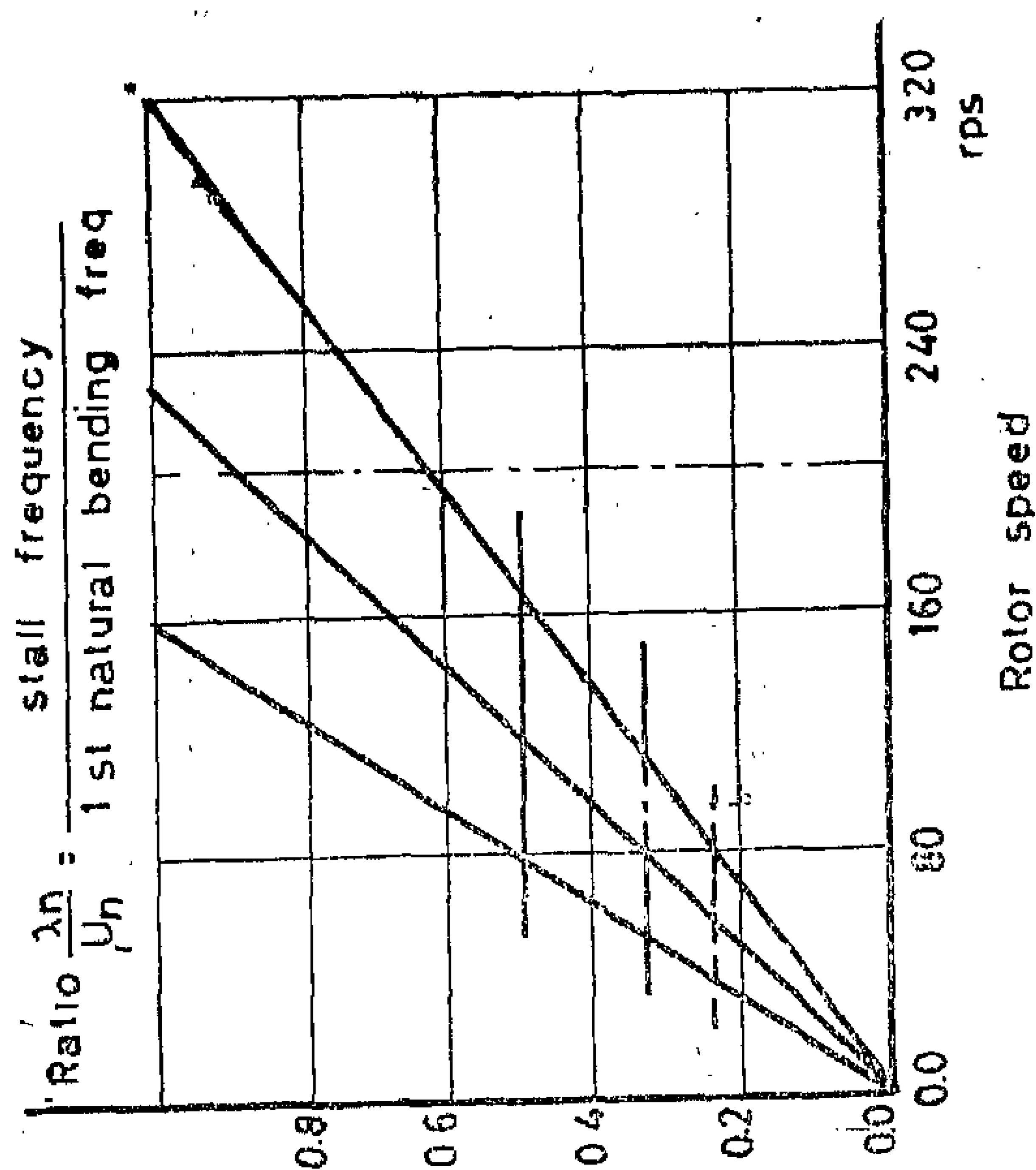
Comparing the results of analytical and experimental analysis, we can find how far some theories are from the actual conditions as indicated by experimental data. Figure 6 shows for an isolated rotor cascade the theoretical and experimental results compared together.

7. *CONCLUSION*

It has been shown from the previous paragraphs how the rotating stall in axial flow compressors has been thoroughly investigated. Experimental as well as analytical efforts have been spend to solve the different problems of the subject. We can further notice that the experimental work was more successful than theoretical investigation, which up to those theories summarized above revealed nothing but the most simple cases of rotating stall. It is still a very huge effort required in this field to explain the mechanism of rotating stall completely. As to experimentation, it could be seen how successful they were to give a complete picture of some very important phenomena.

stage compressor with 0.5 hub to tip ratio, where resonance took place between stall frequency and the blade second harmonic, resulting vibratory stresses high enough to cause detectable fatigue cracks in the blade [10].

ii. Vibratory stresses as high as ± 2 to 3 kp/mm² were measured using strain gauges on the multi-stage compressor of a turbojet engine. These were enough, in addition to other loading conditions to cause failure of the aluminium blades of the first stage rotor [11].



6. *THEORIES OF ROTATING STALL :*

With the accumulated experimental data and experience gained during experimental investigation, the need for a theoretical analysis of the rotating stall became greater. The theoretical analysis of the general problem of stall propagation in axial flow compressors is obviously difficult since an unsteady rotational, three dimensional flow of a compressible fluid is involved. In order to retain the essential features of the flow but to simplify the problem as much as possible for analytical treatment, the flow could be assumed to be two-dinensional and incompressible, and to be limited to the case of an isolated blade row. It is believed that further analysis of this problem is necessary before the much more difficult three-dimensional and multi-stage problem can be treated successfully.

A satisfactory stall propagation theory might lead to either :

1. Prevention of unsteady flow due to stall propagation when the incidence angle of the mean flow is high.

2. Alteration of the stall-zone pattern and/or its velocity of propagation so that, for a given cascade geometry and mean flow, the forcing frequency of the blade loading can be chosen by the designer.

3. Prediction of enough information about the unsteady flow so that the blade can be designed to withstand the unsteady aerodynamic loading.

In the most general case, three factors influence the speed of progagation of a disturbance along a cascade of airfoils in the stalled condition :

a. The time required for movement of the seperation point on the airfoil after a change in inlet angle, which will be called the boundary-layer time delay.

b. The inertia of the fluid between the blades.

The inertia of the fluid outside the cascade.

The first analytical treatment of the problem was made by Emmons [3] in 1951. He showed that the cascade could be represented as a series of channels in parallel, with variable area outlets to represent the blockage effect of the seperation regions. By investigating the stability of small disturbances ahead of the cascades, Emmons showed that, if a critical value of the derivative of the effective outlet area with respect to the angle of attack was reached, disturbances would propagate unchanged along the cascade. For lower values of the derivative disturbances died out, while for higher values they wree amplified. The propagation velocity was governed by an arbitrary

Table I b. Summary of rotating stall data for multistage compressors.

Compressor	Number of zones	Propagation rate	Radial extent	Periodicity	Type of stall
1	3	0.57	Partial	Steady	Progressive
	4	"	"	"	"
	5	"	"	"	"
	6	"	"	"	"
	7	"	"	"	"
2	4	0.55	Partial	Intermittent	Progressive
	5	"	"	"	"
	6	"	"	"	"
3	1	0.57	Partial	Steady	Progressive
4	1	0.57	Partial	Steady	Progressive
	2	"	"	"	"
	3	"	"	"	"
	4	"	"	"	"
5	1	0.57	Partial	Intermittent	Progressive
	2	"	"	"	"
	3	"	"	"	"
	4	"	"	"	"
	5	"	"	"	"
6	1	0.47	Total	Steady	Abrupt
7	1	0.43	Total	Steady	Abrupt
8	1	0,53	Total	Steady	Abrupt

pressors have stall patterns with propagation rates of about half the rotor speed.

2. The magnitude of flow fluctuations as represented in table I a by the parameter $\Delta\rho v/\rho v$ varies from 0.6 to 2.14. No correlation could apparently be abtained between the number of stall zones and this parameter. However, comparing this with the magnitude of $\Delta\rho v/\rho v$ for blade wakes measured during design conditions (0.1 to 0.2) indicates that the stall disturbance is rather sever.

3. Experimental evidence has shown that single stage stall data do not apply to a multistage compressor composed of the same number of stages [9]. This could be explained by the multistaging or interaction effect between stages, such as the radial gradient in the axial velocity distribution and the influence of the wakes and stall zones of preceeding stages.

4. It was evident in some cases that production tolerances might affect the stall pattern in the same type of engine; however, the propagation rate remains nearly the same.

5. The stall frequency of a given pattern was found independent of the inlet temperture to the compressor.

6. It is evident that rotating stall zones accompanied by severe flow fluctuation could be the source of a forced vibration of the compressor blades. This has beern experimentally proved in many cases :

i. Figure 5 shows the nodified vibration interference diagram for the stator of a single

reduced at a constant speed, the number of stall zones varied from 1 to 7 among the several compressors investigated. The rototional speed of the stall zones ranged from 43 to 57 percent of the rotor speed. Figure 4 shows a typical multi-stage axial compressor map with rotating-stall characteristics superimposed.

Tables I a and b give a general summary of the stall data obtained from single and multi-stage compressors.

Table 1.a : Summary of rotating stall data for single-stage compressor

Vel. diag.	Compressor	Hub-tip ratio	Stall zones	Propagation rate	$\frac{\Delta \rho V}{\rho V}$	Radial extent	Type of stall
Symmaetrical	1	0.50	3	0.420	1.39	Partial	Progressive
			4	0.475	2.14	"	"
			5	0.523	1.66	"	"
	2	0.90	1	0.305	1.2	Total	Abrupt
	3	0.80	8	0.87	0.76	Partial	Progressive
			1	0.36	1.30	Total	Abrupt
	4	0.76	7	0.25	2.14	Partial	Progressive
			8	0.25	1.10	"	"
			5	0.25	1.10	"	"
			3	0.23	2.02	"	"
			4	0.48	1.47	Total	"
			3	0.48	2.02	"	"
			2	0.49	1.71	"	"
	6	0.72	6.8	0.245	0.71—1.33	Total	Progressive
F.V.	5	0.60	1	0.48	0.60	Partial	Progressive
			2	0.36	0.60	Partial	Progressive
			1	0.10	0.68	Total	Abrupt
S.A.	7	0.60	1	0.45	0.60	Partial	Progressive
			1	0.12	0.65	Total	Progressive
Vortex trans	8	0.50	3	0.816	—	Partial	Progressive
			2	0.634	—	Total	Progressive
	9	0.40	1	0.565	—	Total	Abrupt
	10	1	2	—	—	Partial	Progressive

According to the different experimental results obtained we can classify the rotating stall as

a. Progressive or abrupt : According to whether the resulting stage characteristic accompanying stall is progressive (fig. 3) or abrupt.

b. Partial or total span stall : which denotes the radial extent of the stall zone along a blade.

c. Steady or intermittent stall : stating if time changes in the stall pattern take place.

On examining the different experimental data available, the following general remarks are made concerning both single and multi-stage compressors.

1. Single stage compressors exhibit a wider range of stall propagation rate than mult-stage compressors. Most multi-stage com-

under the direction of Emmons [3]. It seems that the phenomenon attracted many other investigators at nearly the same time, so that they presented their work to the public more or less simultaneously [4], [5].

5. EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ROTATING STALL :

The development of the hot wire anemometer technique as well as its amplifying systems, the constant-current and the constant-temperature [5], [6] and (7) helped the experimental detection of rotating stall. A method for determining from hot-wire anemometer data the number of stall zones in a given pattern and the magnitude of flow fluctuations is given in [8]. The experimental investion carried on rotating stall was conducted on single stage as well as multi-stage compressors and was mainly directed to the investigation of the following problems :

1. Detection of rotating stall pattern as well as the number of stall zones.

2. Determination of the absolute rate of stall propagation or frequency.

3. Investigation of the amplitude of flow fluctuations resulting from the stall phenomenon.

4. Determination of the dynamic forces and/or vibratory stresses in case of high amplitude blade vibration (resonance) during the stalled operation of axial flow compressors.

CHARACTERISTICS OF EXPERIMENTALLY OBSERVED STALL PATTERN :

a. Single stage compressors :

Single stage experimental compressors with symmetrical, solid body or free vortex velocity diagrams and different blade shapes have been investigated. The number of stall zones varies from 1 to 12, and the absolute propagation rate covered the range from approximately 10 to 85 percent of rotor speed. Generally, the number of zones and the geometric configuration of the stall-zone region change as the flow is varied in a single compressor. Figure 3 is a typical single stage compressor performance map with the stall patterns observed. Generally as in the example shown the rotation rate remained essentially constant over the entire stall region, not withstanding changes in the number of stall zones. Some exceptions have been observed when appreciable changes in the radial extent of the stall zone take place.

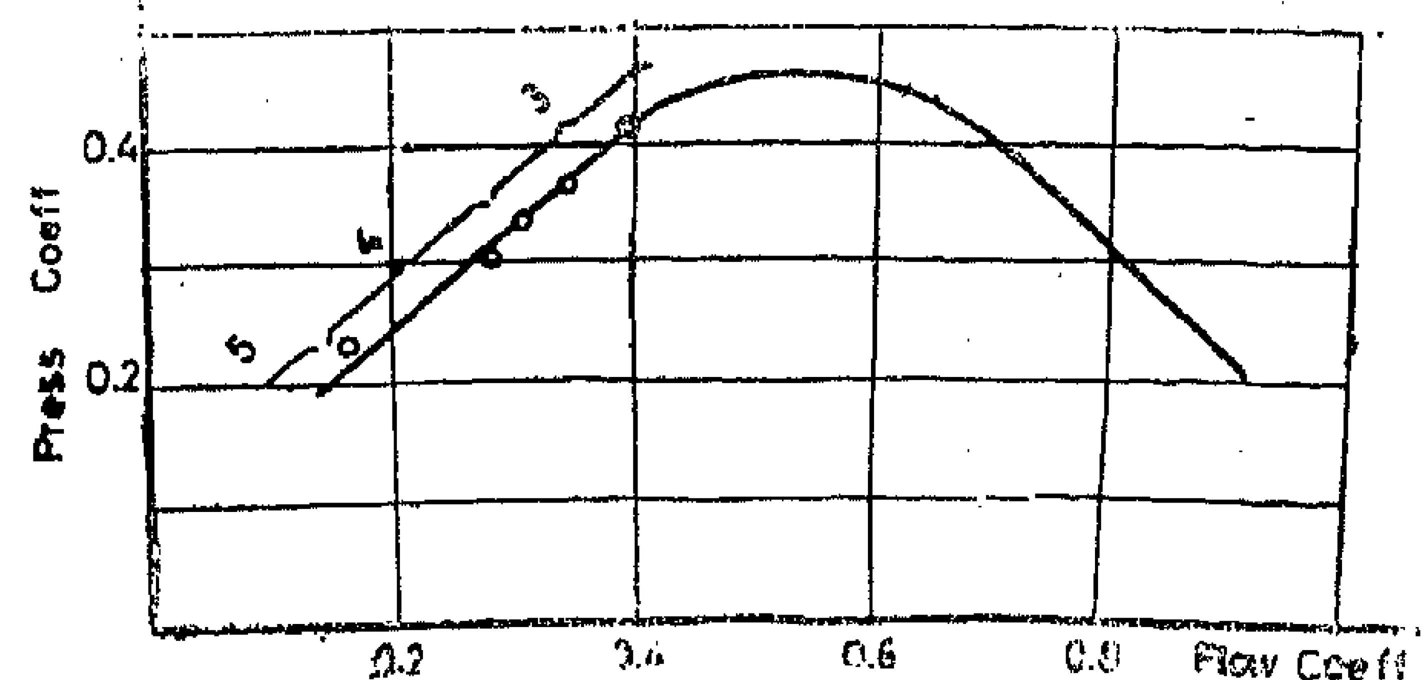


Fig. 3

b. Multi-stage compressors :

Multi-stage compressors exhibit stall characteristics similar to those of the single stage type. The stall zones appear to extend axially through the compressor, that is, with little or no spiralling. As the mass flow was

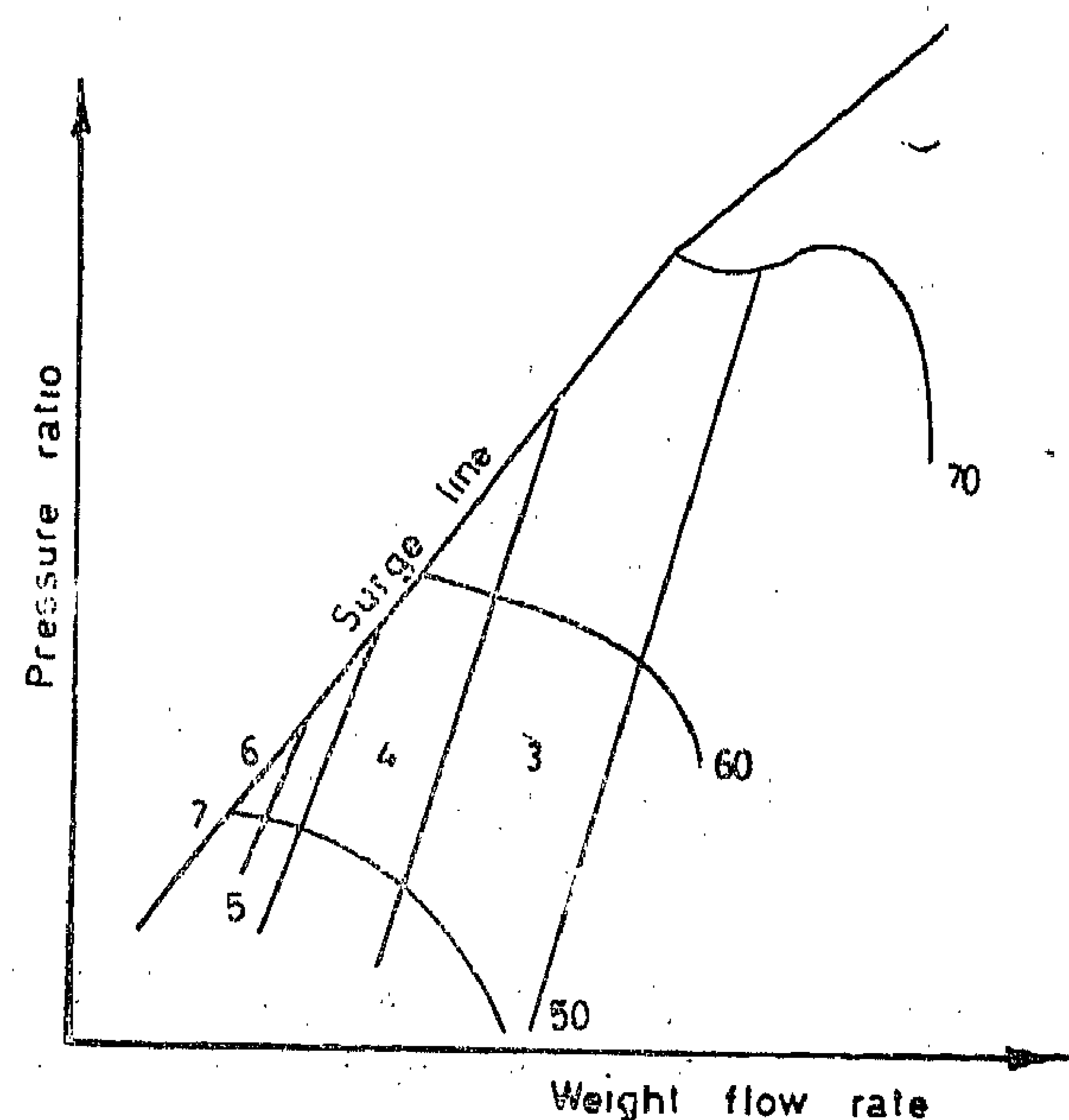


Fig. 4

2. Individual blade stall, which is characterised by the development of large seperated-flow regions or zones of low flow in the wake of each blade.

3. Stall flutter, which is a self-excited blade oscillation that must be distinguished from the more familiar classical flutter. The latter, which is a self sustained oscillation caused by the coupling of the inertia, damping, elastic and aerodynamic forces on a wing section, takes place at low angles of attack (unstalled flow) when a certain critical velocity that is a function of the wing design is reached. In contrast, stall flutter takes place at high angles of attack and is associated with individual blade stall.

3. MECHANISM OF ROTATING STALL :

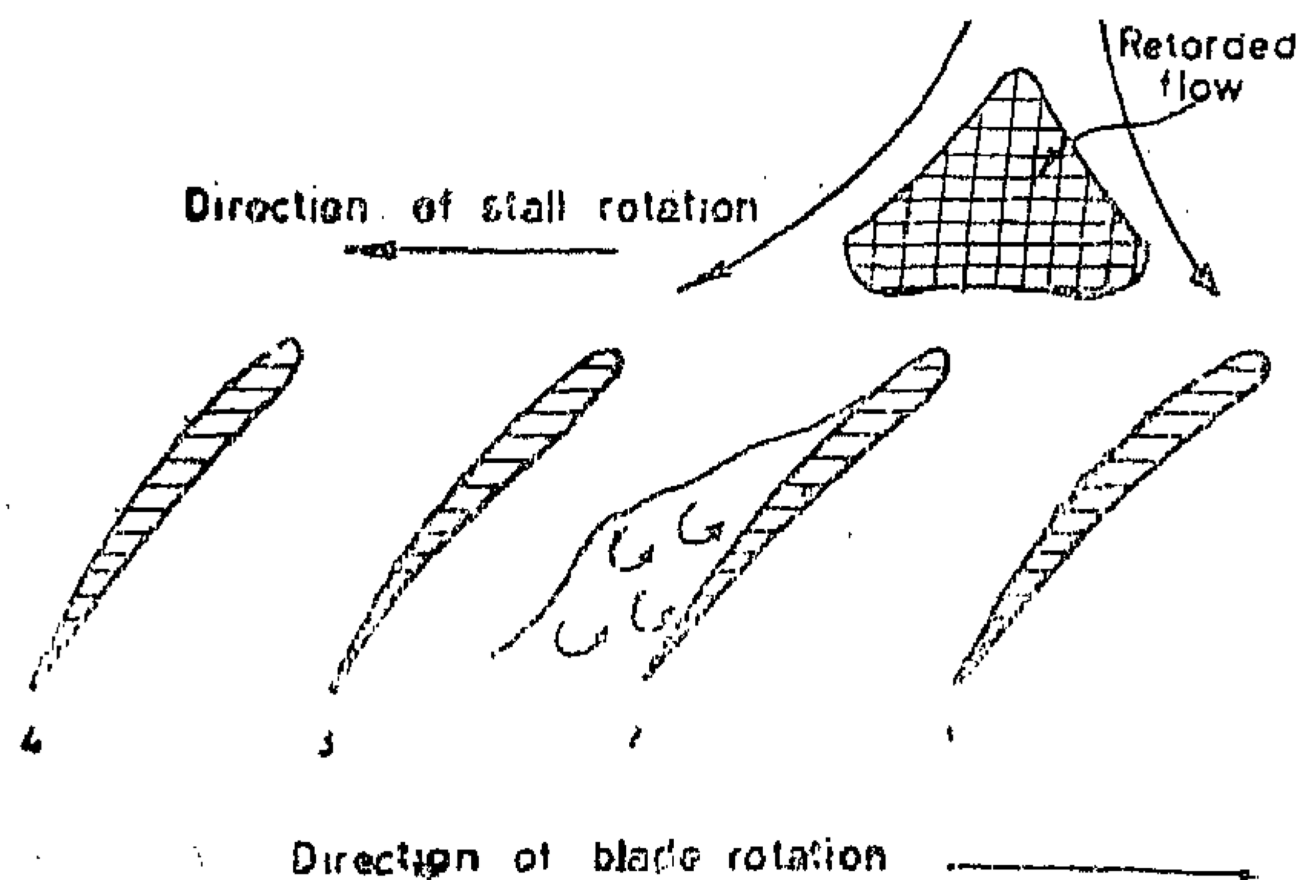


Fig. 2 Rotating stall in a cascade

The rotation mechanism can be described by considering the blade row to be a cascade of blades similar to that shown in figure 2. Assuming that some flow perturbation has caused blade 2 to reach a stalled condition before the other blades in the cascade, then this stalled blade does not produce sufficient pressure rise to maintain the flow around it. Consequently, effective flow blockage or a zone of reduced flow develops. This retarded flow diverts the flow around it so that the angle of attack increases on blade 3 and desreases on blade 1. The stall propagates to the left relative to the blade row as indicated in figure 2, the diverted flow stalls the blades left of the retarded flow zone and unstalls the blades right of it. The stall zone moves then from the pressure side to the suction side of each blade (the opposite direction of rotor rotation). The stall zone may cover several blade passages. From compressor tests, the relative speed of rotation has been observed to be less than the absolute rotor speed. Consequently as observed from an absolute coordinate system, the stall zones appear to be moving in the direction of rotor rotation.

4. HISTORICAL BACKGROUND :

In 1941, an investigation of diffusers for centrifugal compressors was made by Whittle's group, who were at that time developing the first British jet engine. For one type of diffuser, the observation was made that at low mass flow rates a region of flow reversal travelled around the diffuser in the direction of wheel rotation, causing flow seperation on each diffuser blade in turn. The velocity of the travelling stall was approximately one sixth of the rotor tip speed. This was the first recorded example of rotating stall [1]*. The phenomenon apparently attracted little attention at the time and no further reference to it can be found, although in the light of recent discoveries it is possible that rotating stall was the cause of some blading failure in the early Whittle engines.

Several years later, during the winter 1949-1950, while working with a single-stage axial compressor at Harvard University, H. P. Grant observed a regular, periodic, and relatively simple type of flow pulsation, which was also the same phenomenon of rotating stall.

In September 1952, W.R. Sears of Cornell University presented this phenomenon to the scientific public in a paper [2] presented to the ASME (American Society of Mechanical Engineers).

The first detailed study of this field was apparently made by a research group working

* Numbers in squared brackets refer to references listed under Bibliography

ROTATING STALL IN AXIAL FLOW COMPRESSOR

By

M. NAGUIB, Dr. Sc. techn.

1. INTRODUCTION :

During acceleration of turbojet engines and also at high flight Mach numbers, compressors operate at conditions markedly deviating from design. At these ranges, different forms of flow instabilities could be encountered. This affects in turn the stable performance of the engine from the aerodynamical and mechanical points of view.

The internal aerodynamics of the compressor must be thoroughly studied and understood in order to develop design techniques applicable to these regions of operation. During compressor off-design operation, degeneration of the performance of a stage is accompanied by a serious flow separation in the flow passage. The modern description of this flow separation or stall stems directly from Prandtl's boundary layer concept. Two significant areas of off design performance, which result from stall of some of the compressor blade elements could be seen on the representative multistage compressor map shown on figure 1.

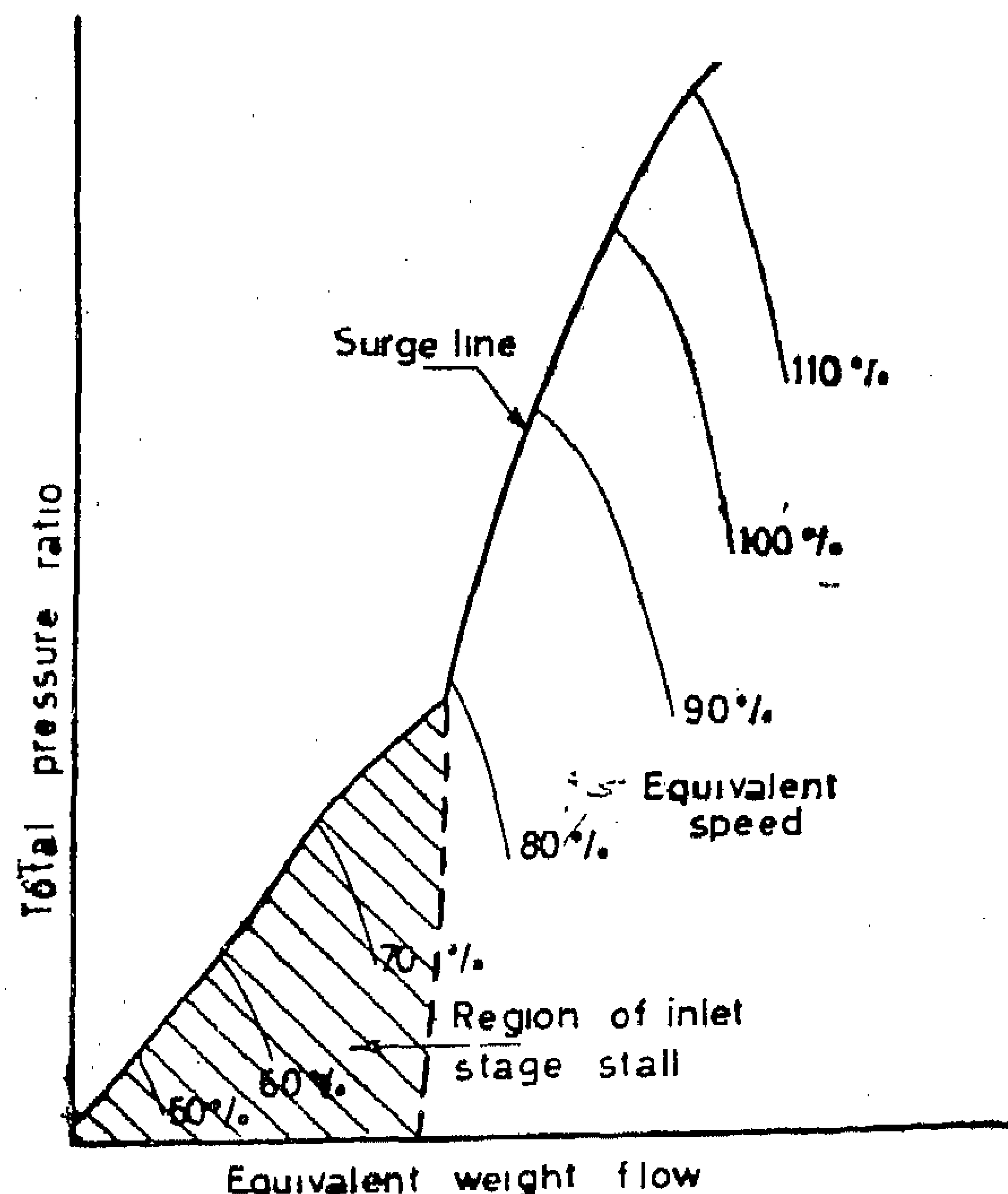


Fig. 1

a. Inlet stage stall: At low speeds, insufficient pressure rise in the stages causes the density level of the fluids to be too low in the rear stages. The resulting high relative velocities and incidence angles cause choking in these rear stages. This choking limits the flow through the front stages and causes excessively high angles of attack and consequently stall.

b. Stall limit or surge line : The stall-limit line represents the locus of minimum-flow points just before the performance of the compressor deteriorates abruptly. This deterioration in performance, which is attributed to the operation of one or more of the stages in severe stall, is smoetimes called complete compressor stall or surge. The stall-limit line or the surge line depends also on the geometry of the assembly preceding and following the compressor.

2. STALL PHENOMENA :

Experimental data and analyses give credibility to the existance of at least three distinct phenomena during stall operation. The first two being aerodynamic phenomena and the last an aeroelastic phenomenon.

1. Rotating stall (also called propagating stall), which consists of large stall zones covering several blade passages and propagating at some fraction of rotor speed in the absolute direction of rotor rotation. Compressor investigation has shown rotating stall to be the most prevalent type of phenomenon.

The discrepancies between the two sets of curves of the radioactive isotope method and the conventional tape method are insignificant. However, the radioactive method gives prompt recorde of the drawdown.

These hydraulic parameters, so far determined for each aquifer tested, should be obtained for several parts of each aquifer in order to obtain the average values of these parameters for the different waetr fields of Kuwait.

VIII — REFERENCES

1. Milton, D.I. and Davies, C.C.S. "The Water Resources of Kuwait and the Utilization", Kuwait Oil Company, mimographed report, (1961).
2. O'Brien, C.A.E. "A Stratigraphical study of the Eocene Upper Limestone in Southern Kuwait", Kuwait Oil Company, mimographed report, (1952).
3. Parsons Corporation, Report to Government of Kuwait, "Fresh Ground-Water Resources, Rawdatain Area, Kuwait", (March 1961).
4. Parsons Corporation, Report to Government of Kuwait, "Ground Water Resources of Kuwait Vols. I and II", (August 1963).
5. Parsons Corporation, Report to Government of Kuwait, "Ground Water Resources of Kuwait — Vol. III", (August 1964).
6. Water resources of Kuwait, by U.A.R. experts (1964).
7. Determination of the porosity of ground-water aquifers by radioactive tracer technique, by Hazzaa, I.B., Saad, K.F., Girgis, R.K., Bakr, A.A., and Swailem, F.M., Int. J. Appl, Rad. Isotopes, 16, (1965).
8. Ground-water hydrology, by Todd, D. K., Wiley, 1960.
9. The investigation of the Wadi El-Natrun aquifer including determination of effective porosety, permeability, storage coefficient and transmissibility using different radio-isotopes, by Hazzaa, I.B., Saad, K.F., Girgis, R.K., Bakr, A.A., and Swailem, F.M., IAEA Research Contract No. 302/RB., 1965.
10. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers by Hantush, M.S., Trans. Amer. Geophys. Union, V. 37, No. 6, 1965.
11. Drawdown around partially penetrating well, by Hantush M.S., Journal of the Hydraulies Division, proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 87, No. HY. 4., 1961.
12. A method for the determination of aquifer parameters using radioactive isotopes, by Hazzaa, I.B., Girgis, R.K. and Saad, K.F., Int. J. Appl. Rad. Isotopes, 16, 1965.
13. A modified method for the determination of aquifer parameters using radioactive isotopes, by Hazzaa, I.B., Int. J. Apyl. Rad. Isotopes, 1966 (under print).

VI. *DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS*

The results obtained from the previous investigations which are considered as first sets of field experiments given an idea about the hydraulic properties of the different aquifers in the Rawdatain, Sulaibiyah and Shigaya water fields.

1 — The method used for the determination of the effective porosity, the most reliable in the field of ground water hydrology, gives accurate values for the effective porosity at the locality of experimentation.

The results show, preliminarily, that :

a) The effective porosity of the upper most water bearing formation of the Rawdatain basin is of the order of 0.08 m^3/m^3. This value could be considered a reasonable value for the type of the Rawdatain formation.

b) For the Sulaibiyah water field, the value of the effective porosity was found to be of the order of 0.02 m^3/m^3. This value could be considered low for the obtainment of high-rate water production.

c) For the Shigaya water field, the value of the effective porosity was found to be about 0.06 m^3/m^3. This value which is the first determined value of the effective porosity of Shigaya indicates that a reasonable quantity of water could be produced from Shigaya water field. It is higher than that of the Sulaibiyah, although the two fields are overlain by the same limestone Dammam formation.

However, this may be due to the fractured feature of the formation at the Shigaya.

It is obvious from these investigations that : the simplicity of the radioactive tracer method, its independence on physical conditions of the aquifer and its capability of measuring directly the effective porosity of water-bearing formation favours its application.

The effective porosity of several parts in the aquifer will be determined in order to test the homogeneity of the aquifer and to obtain the average value of the effective porosity of the whole area.

2 — The results of the hydraulic parameters from the pumping tests analyses using both the radioactive and tape method show preliminarily that :—

a) For the Rawdatain water field, the transmissibility, the storage coefficient and permeability are comparatively high and are reasonable for such type of aquifer formation. For the lower most aquifer, the value of the leakance indicates small amounts of water can be transmitted from the middle aquifer to the lower aquifer.

b) For the Sulaibiyah water field, the value of the transmissibility and permeability are rather low as compared with that of the Shigaya aquifer, although they are of the same formation. This might be due to the fact that the Shigaya formation is more fractured as reported. The value of the storage coefficient is relatively high.

Since piezometric level is gradually decilining, the flow system in the aquifer is very slowly approaching water table conditions. That is, the storage coefficient is approaching the value of the effective porosity.

c) For the Shigaya water field, the values of the transmissibility and the permeability are reasonable for such type of fractured limestone formation. The storage coefficient indicates that the aquifer is under confinement.

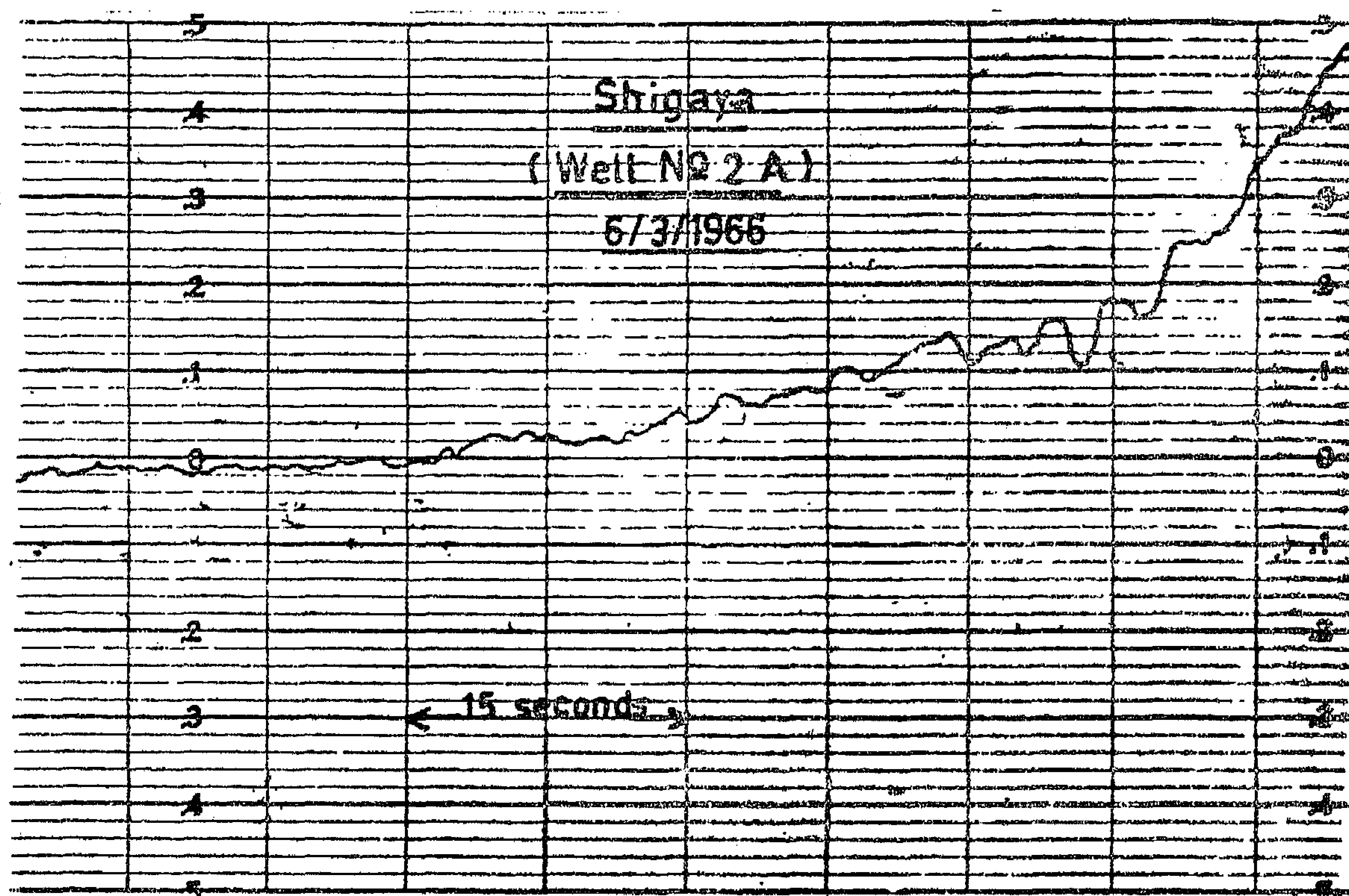


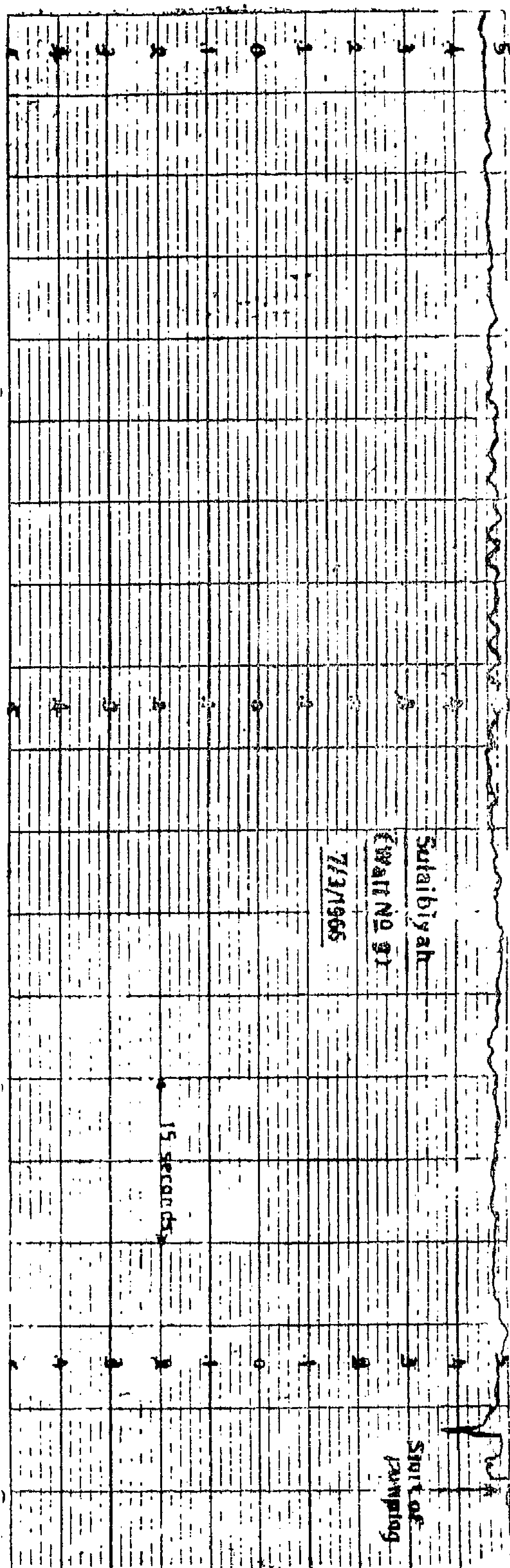
Fig. (7.3) Pumping test (record of the drawdown-time relationship)

TABLE (2)

(c) *Transmitting and Storage Properties*

	Well (1) Rawdatain		Well (2) Sulaibiyah		well (3) Shigaya	
	Radioactive	Tape method	Radioactive	Tape method	Radioactive	Tape method
Distance of the piezometer from the pumped well (x)	5.8 m.		5.0 m.		9.15 m.	
Thickness of the aquifer (b)	14 m.		≃120 m.		≃120 m.	
Length of the screen or open hole (1)	12.2 m.		446.6 m.		54.0 m.	
Rate of pumping (Q)	109 m^3/h.	109 m^3/h.	81 m^3/h.	68 m^3/h.	45 m^3/h.	38 m^3/h.
Coefficient of transmissibility (T)	41.8 m^2/h.	44.3 m^2/h.	1.06 m^2/h.	0.96 m^2/h.	6.3 m^2/h.	4.8 m^2/h.
Coefficient of storage (S)	0.003	0.0912	0.011	0.009	0.0009	0.0005
Coefficient of permeability (P)	3.0 m/h	3.2 m/h.	0.009 m/h.	0.008 m/h.	0.05 m/h.	0.04 m/h.

Well (4), Rawdatain, : T = 54.0 m^2/h,
S = 0.0058,
P = 4.4 m/h,
B = 63.5 m anr
Leakance = 0.013.



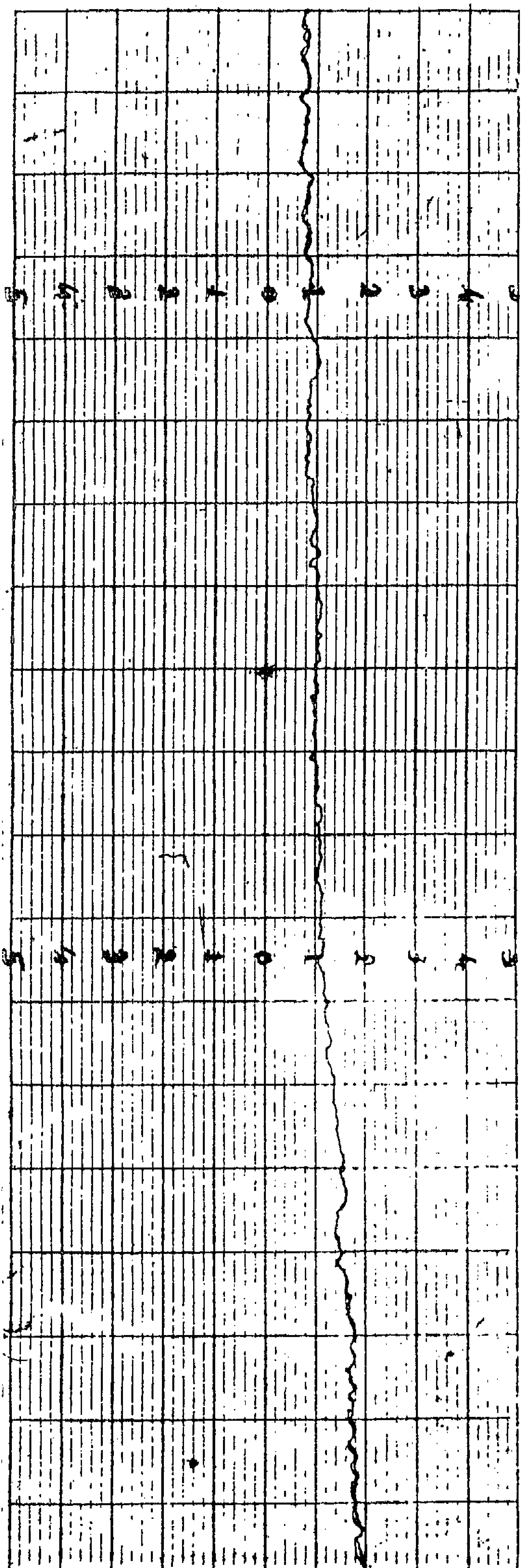


Fig. (7.2) Pumping test record (Part of the record of the drawdown-time relationship)

c — *Results* :

The (drawdown-time) curves obtained for the four wells are shown in figures (5).

Fig. (6) shows part of the record for the calibration of one of the wells. The distances from the starting point are shown in this figure. The calibration was made on increasing the distance between the detector and the source.

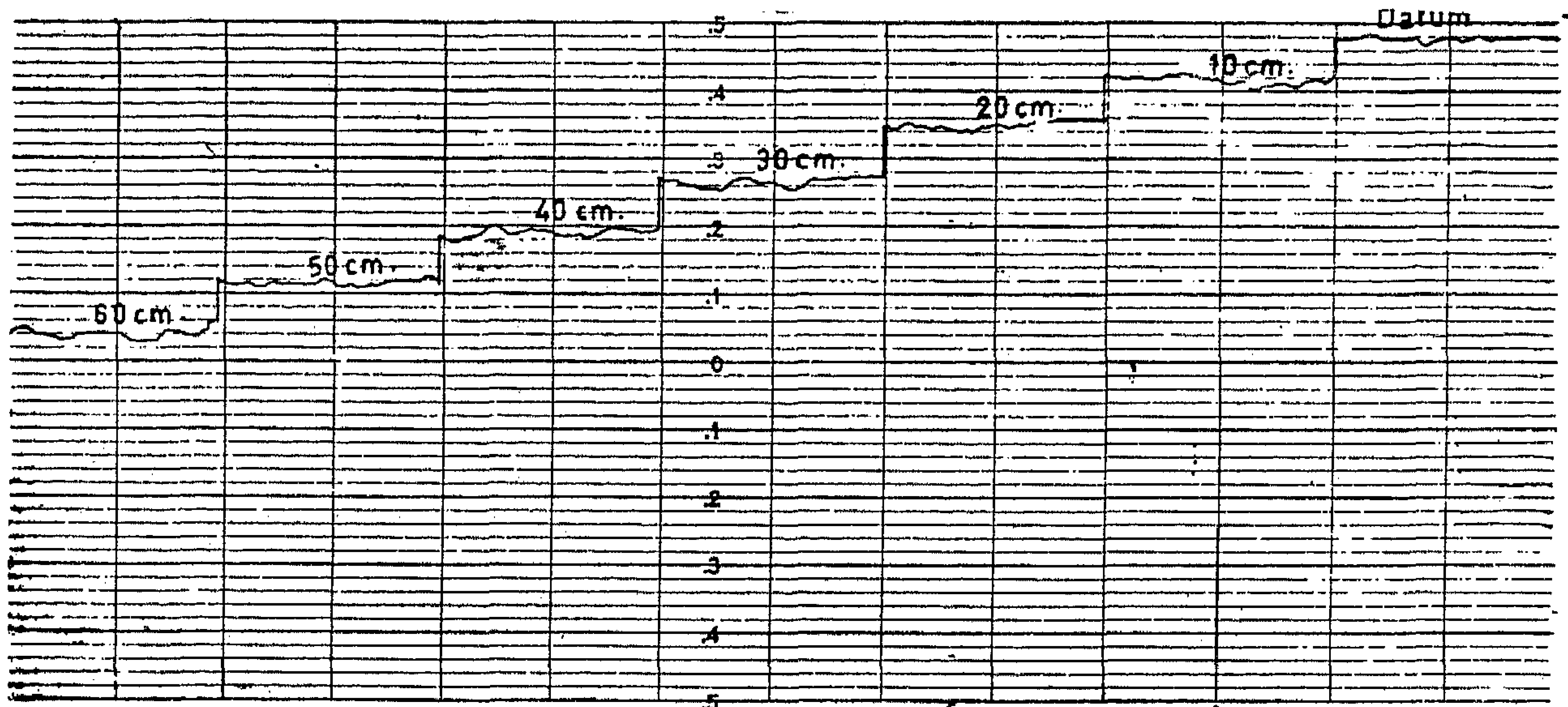


Fig. (6) Part of calibration record

The values for the coefficients of transmissibility, T, storage, S, and permeability, P, obtained from the runs are given in table (2).

Parts of the records of the (drawdown-time) relationship for the three wells are shown in figures (7).

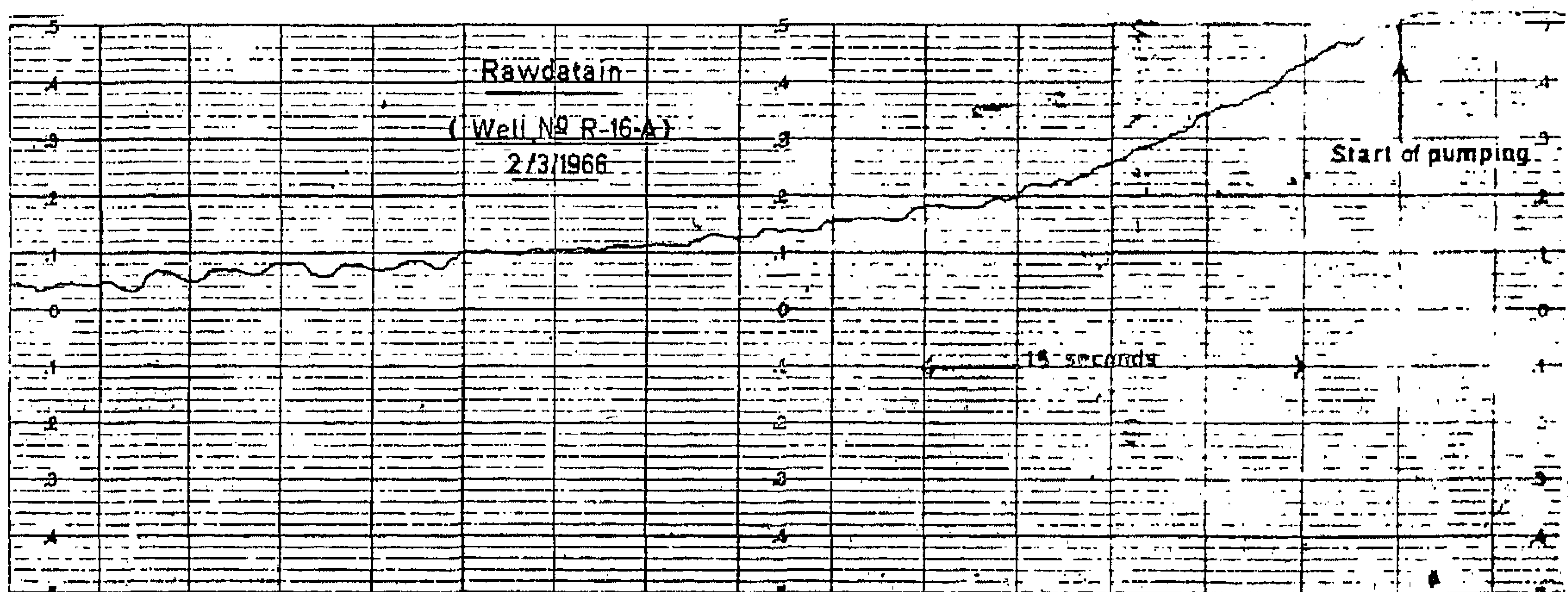
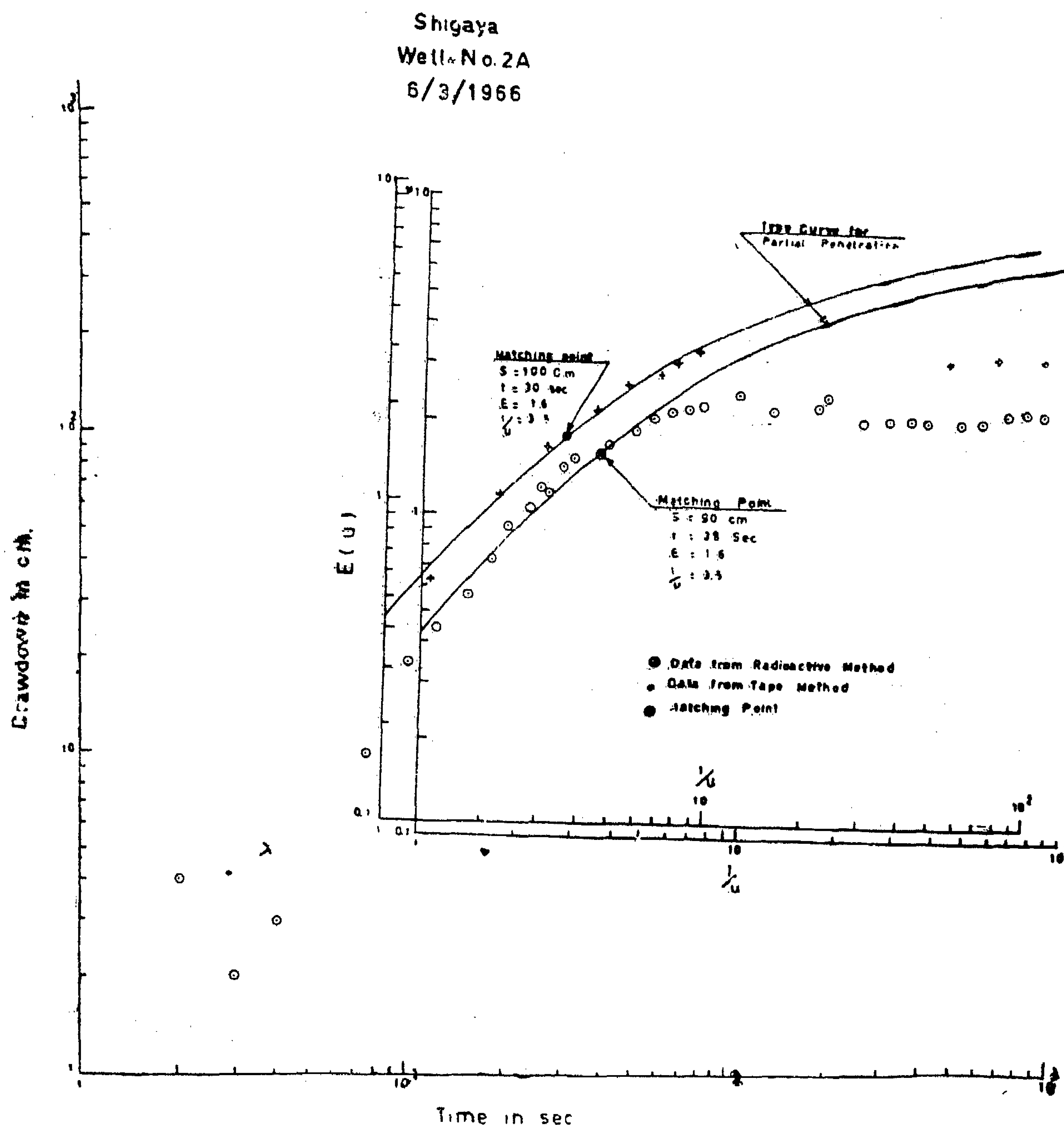


Fig. (7,1) Pumping test record (Record of the drawdown-time relationship)



Fig(5.3.1) Crawdown — time observations

The detecting system consists of a scintillation set-up provided with a Na I (TI) crystal of 3" × 3" dimensions, coupled to a ratemeter and a chart recorder shown in figure (4). To avoid lateral displacement of the source that would affect the counting rate, the source was confined in a frame.

In the cases of lengthy drawdowns the diameters of the pulleys were chosen to reduce the rate of elevation of the source.

A calibration was made in each field experiment before pumping following the procedures described in the previous publication[12].

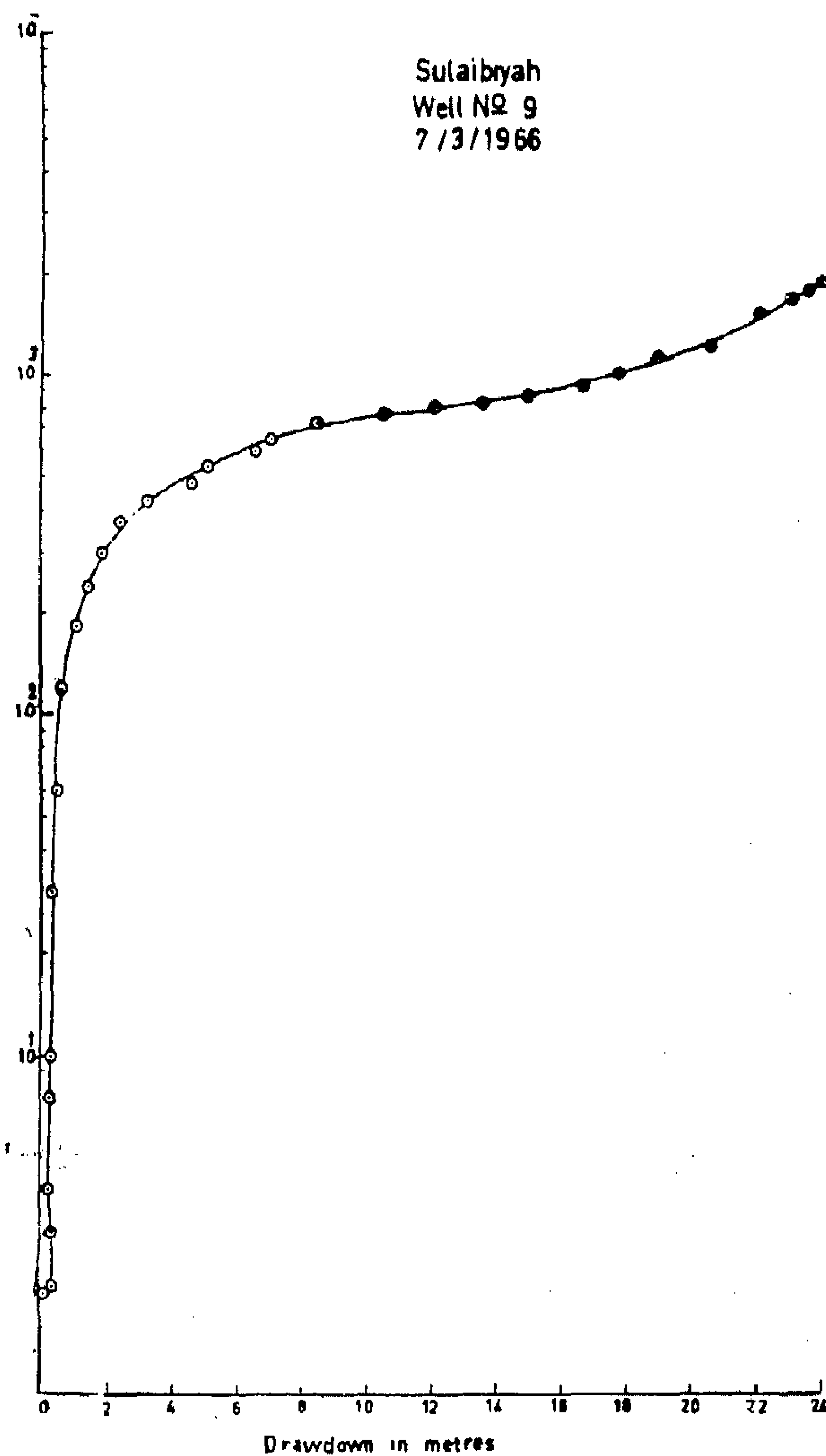


Fig (52) Drawdown-time Curve

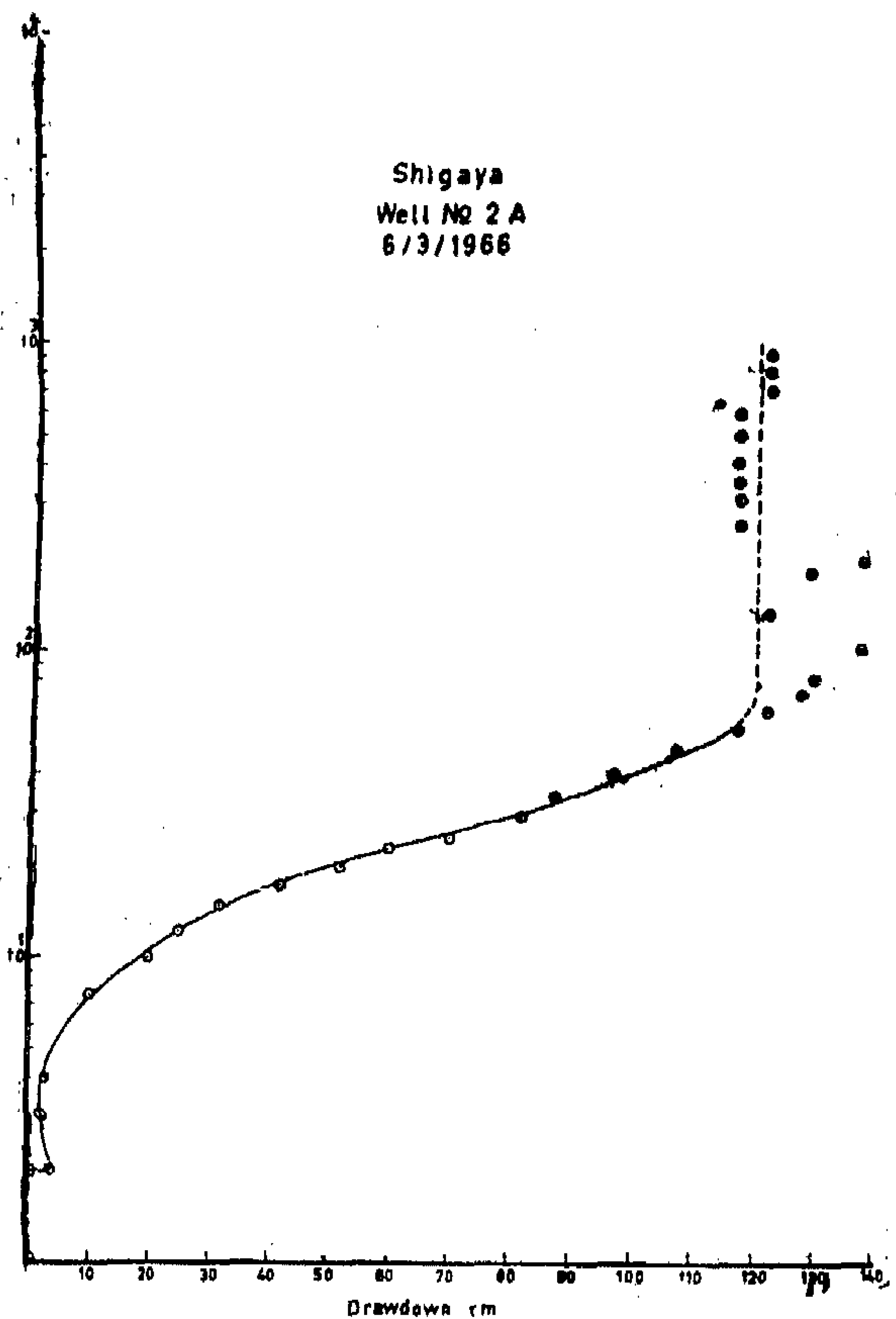


Fig (53) Drawdown time Curve

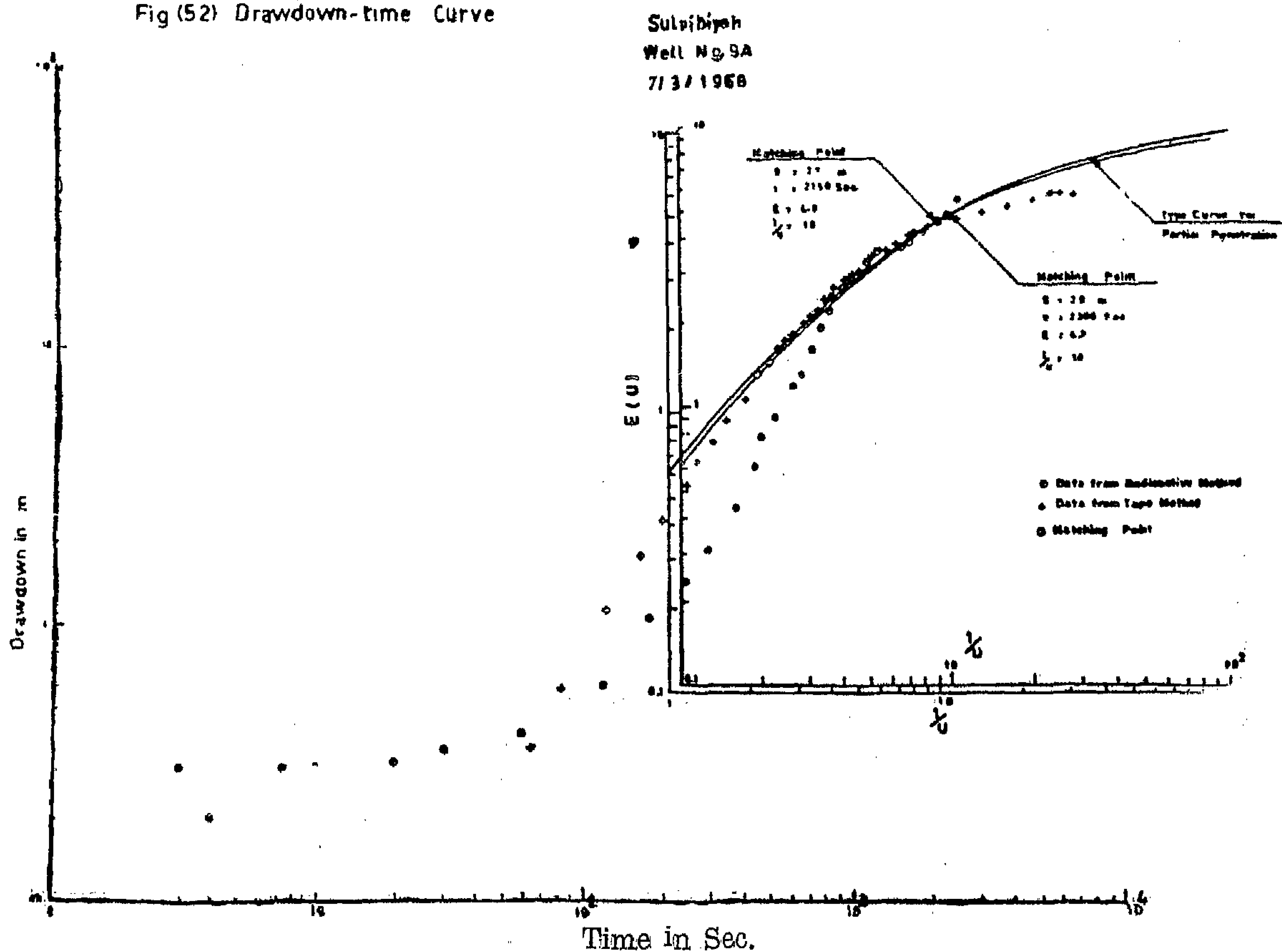


Fig. (5.2-1) Drawdown-time Observations

le of the latter method was developed in the Centre[12] and later modified by Hazzaa, I.B.[13] whose method was used for these investigations and is summarized as follows :

The experiment is based on recording the counting rate detected by a scintillation detector facing a γ—source which is elevated by a float on the water surface in a piezometer well when lowered by pumping from a neighbouring well. The source and the detector are placed outside the well.

The float is held vertically in the piezometer and kept in position by a balancing weight placed outside the piezometer and connected to it through a set of pulleys. A source of CO^{60} (0.5 mc) is placed in the balancing weight. The source could be returned to its starting position at the bottom of the scale by unscrewing the screw fixing the two pulleys together. This is performed in a very short time so that it has no effect on the continuity of register.

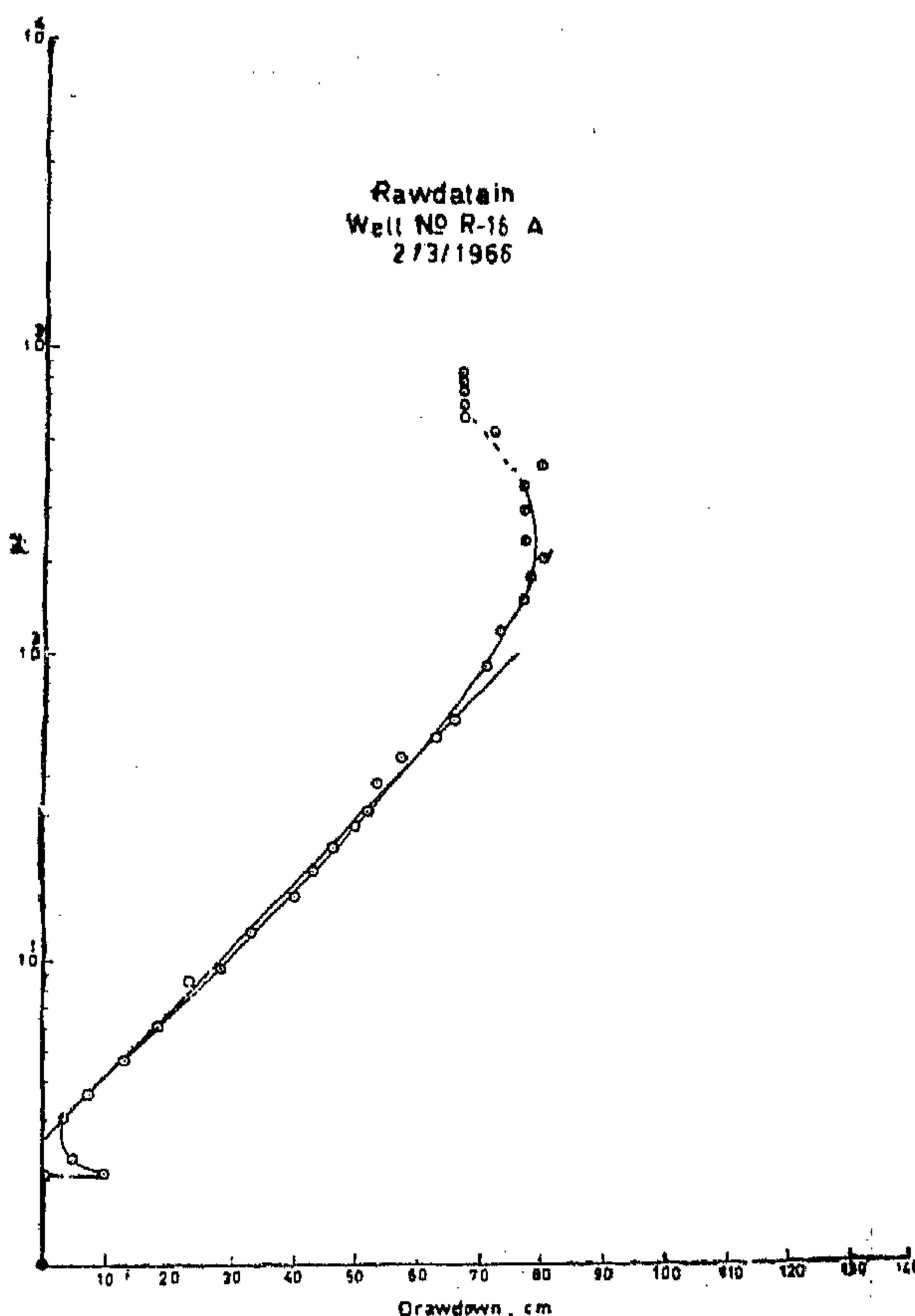


Fig (5.1) Drawdown - time Curve

Rawdatain
Well Nº R-16 -A
2/3/1966

W(u)

Drawdown cm.

• Radioactive method

+ Tape method

Time, sec.

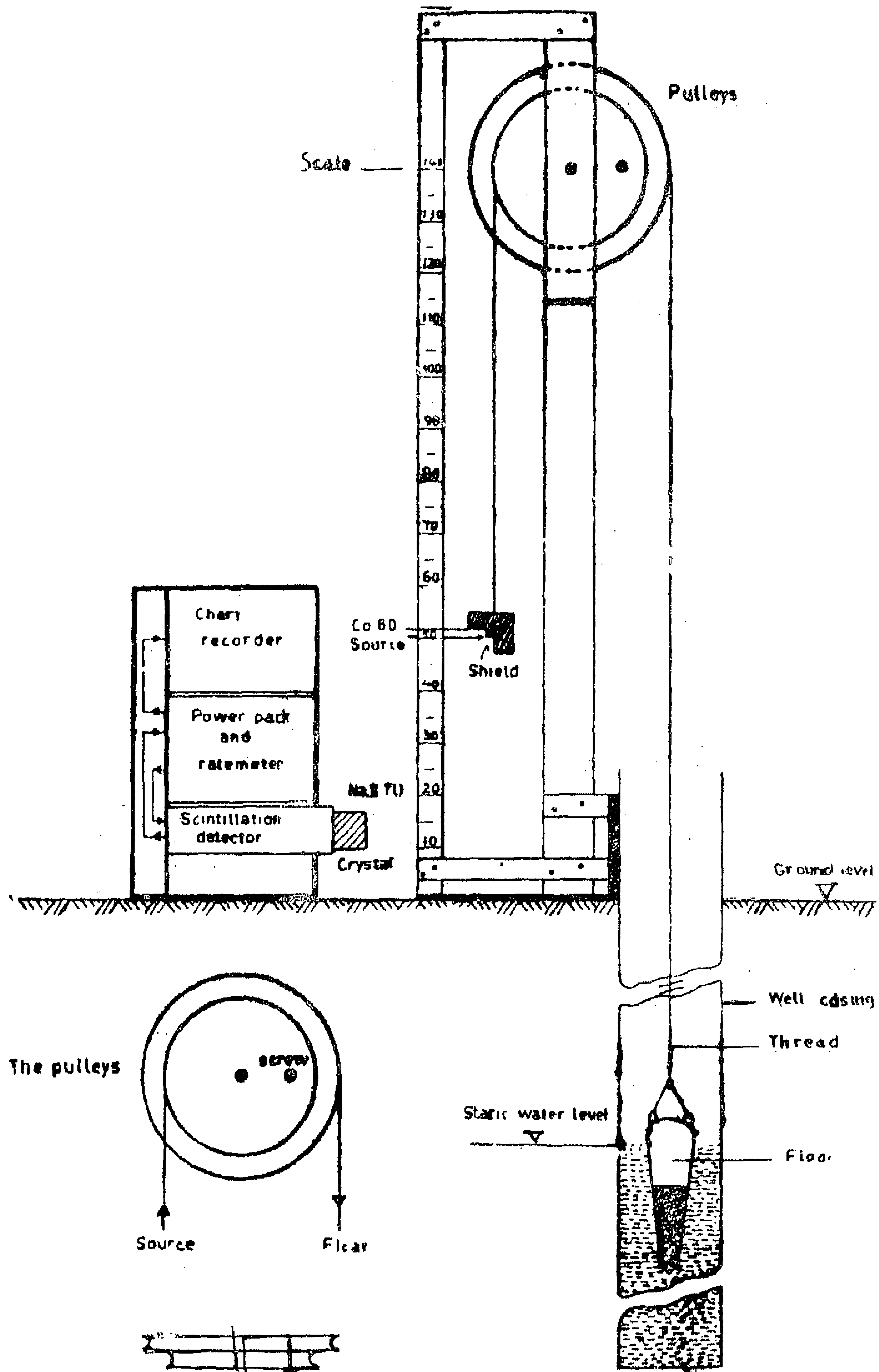


Fig. (4) The detecting and recording system

(10). This equation can be put in following form :

$$S = \frac{Q}{4 \pi T} W (u, B) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

where :

$$W(u,B) = \int_{u}^{\infty} \frac{1}{u} e^{-u-52/4 B^2 u} du \quad \ldots (9)$$

= well function for leaky system, and

$$B = \sqrt{T/P'/b'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

P′, b′ = the permeability and thickness of the semi-confining bed through which leakage occures. The values of T, S and B can be found by using the inflection point method.

ii — *Sulaibiyah Aquifer :*

Since the Sulaibiyah aquifer is extensive and the production well does not penetrate the whole thickness of the aquifer, the flow system will therefore be spherical. For the case of unscreened wells penetrating consolidated formation, the open hole portion in the aquifer can be considered safely as a screened length.

Consequently, the data of pumping test of wells partially penetrating an aquifer should be analysed using the following equation[11].

$$S' = \frac{Q_p}{4 \pi Pb} \left[W(u) + f' \left(u, \frac{r}{b}, \frac{l}{b}, \frac{d}{b}, \frac{l'}{b}, \frac{d'}{b}\right) \right] = \frac{Q_p}{4 \pi Pb} E(u) \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

where :

$$f' = \frac{2 b^2}{\pi^2 (l-d) (l'-d')} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \left(\sin \frac{n \pi l}{b} - \sin \frac{n \pi d}{b} \right) \left(\sin \frac{n \pi l'}{b} - \sin \frac{n \pi d}{b} \right) W \left(u, \frac{n \pi r}{b}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

l = total penetration length of the pumped well in the aquifer,

d = length of casing of the pumped well in the aquifer,

l′ = total penetration length of the observation well in the aquifer,

d′ = length of casing of the observation well in the aquifer, and

s = average drawdown in the observation well.

The values of T, P and S can be found by using the type curve matching method. That is by plotting the values of (s) versus (t) on log-log plot and matching it with the type curve of the bracketed terms in equation (11) versus $(\frac{1}{u})$ on the same scale. As the type curve is not previously available, enough parameters should be calculated to plot the type curve for the geometry of the pumped and observation wells under consideration. A matching point on the two curves is selected.

iii — *Shigaya Aquifer :*

The ground water flow of the Shigaya aquifer is similar to that of the Sulaibiyah. Consequently, the same theory previously mentioned can be applied here for the analysis of the pumping test data. It has to be mentioned here that the type curve will be different from that of the Sulaibiyah wells since they differe in their geometry.

b — *Pumping Test Procedures :*

Two methods were used for measuring the lowering of the water table or the drawdown at the corresponding time. The first is the well known tape method and the other is the radioactive isotope method. The princip-

TABLE (1)

(f) *Effective Porosity* Θ_e

	Well (1) R—16A (Rawdatain)	Well (2) 9 (Sulaibiyah)	Well (3) 2A (Shigaya)
Distance of the piezometer from the pumped well (x)	5.8 m.	5.0 m.	9.15 m.
Thickness of the aquifer (b)	14 m.	$\simeq$ 120 m.	$\simeq$ 120 m.
Length of the screen or open hole (1)	12.2 m.	44.6 m.	54.0 m.
Rate of pumping (Q_p)	69 m^3/h	75 m^3/h	40 m^3/h
Equivalent discharge (Q)	—	Q = 210 m^3/h	Q = 89 m^3/h
Time of arrival (t)	1.62 h.	0.83 h.	21.67 h.
Duration of experiment (D)	5.5 h.	2.33 h	3.9 h.
Effective porosity (Θ_e)	0.08 m^3/m^3	0.02 m^3/m^3	0.06 m^3/m^3

(2) *Transmitting and Storage Properties*

a — *Theoretical Consideration :*

Each of the three tested ground water fields, i.e., Rawdatain, Sulaibiyah and Shigaya, constitutes its own boundary value problems. The ground water in each aquifer has certain boundary condtions and limitations that govern the flow system. Consequently, each aquifer has to be studied separately to determine these boundaries that govern the choice of the applicable theories and the suitable methods of analysis.

i — *Rawdatain Aquifer :*

It is previously mentioned that the Rawdatain aquifer consists of 3 sandstone beds, partially separated by lower permeability beds of shales and siltstone. Due to the fact that these beds are fed from the same source, they should behave as leaky aquifers. Consequently this means that the confining beds allow the transmission of water from one aquifer to the consecutive one vertically upward or downward as the pressure in one of them is released partially. The upper most aquifer being under the water table or unconfined conditions, may not behave as leaky aquifer: Both the middle and lowermost aquifers will be under the leaky system.

Consequently, the data of the pumping test of wells penetraring only the upper most aquifer is analysed by the nonequilibrium. This equation[8] which can be put as follows :

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} W(u) \qquad \text{.......................(4)}$$

where :

$$W(u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \qquad \text{........... (5)}$$

= the well function,

$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} \qquad \text{............................. (6)}$$

T = transmissibility,

r = distance between observation well and the pumped well,

S = storage coefficient, and

t = time since pumping started.

The values of T and S, can be found by using the type curve matching method. That is by plotting the values of the drawdown (s) versus time (t) log-log plots and matching it with the type curve of w (u) versus $(\frac{1}{u})$ on the same scale. A matching point on the two curves is selected. Using equations (4) and (6), the values of T, and S can be calculated. The coefficient of permeability P can be calculated from the relation.

$$P = T/b \qquad \text{.................... (7)}$$

The data of the pumping test of wells penetrating either the middle or the lower most aquifer of the Rawdatain basin should be analysed using the leaky aquifer equation.

Portions of the records, in the performed runs, are shown in figures (3). The first part represents the background and the second part shows the continuous rise of the activity in the pumped water indicating the arrival of the radioactive tracer at the pumped well.

The results and calculations of Θ_e for the wells are summarized in table (1).

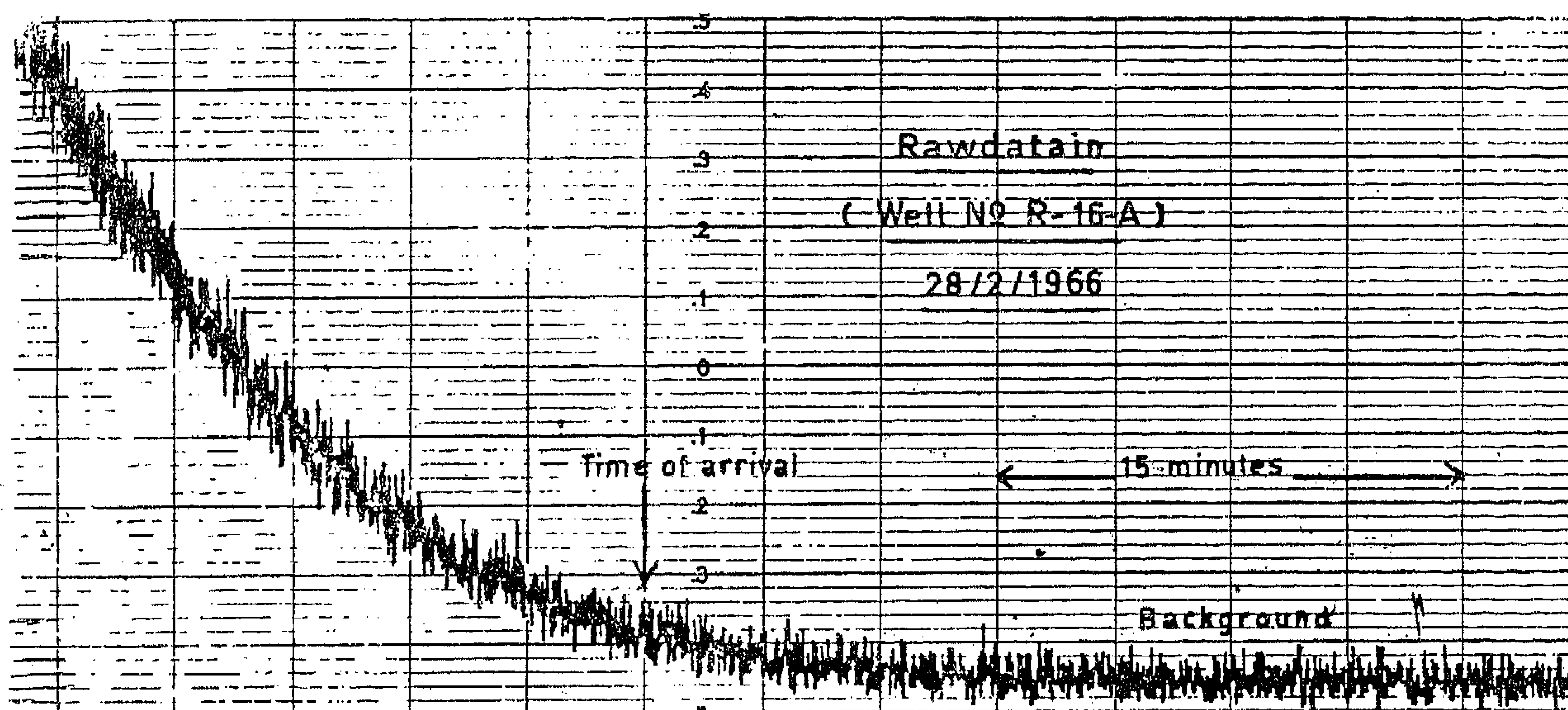


Fig. (3.1) Porosity determination

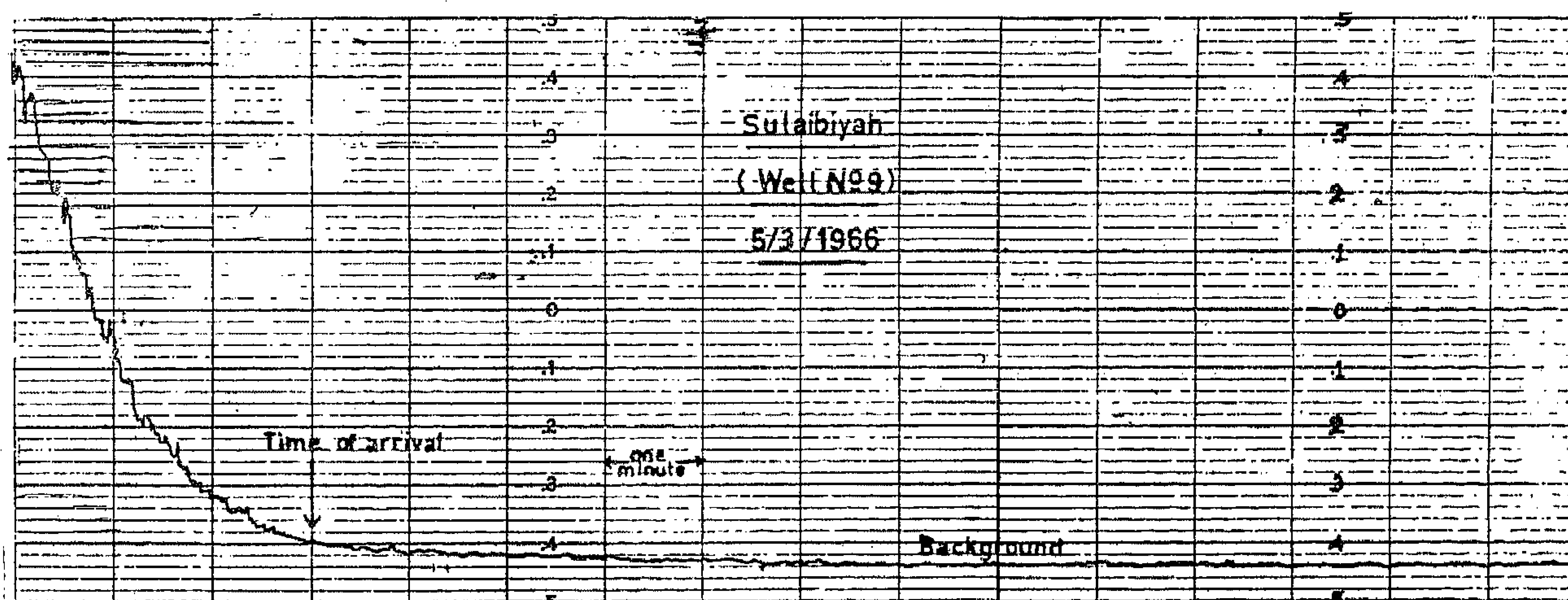


Fig. (3.2) Porosity determination

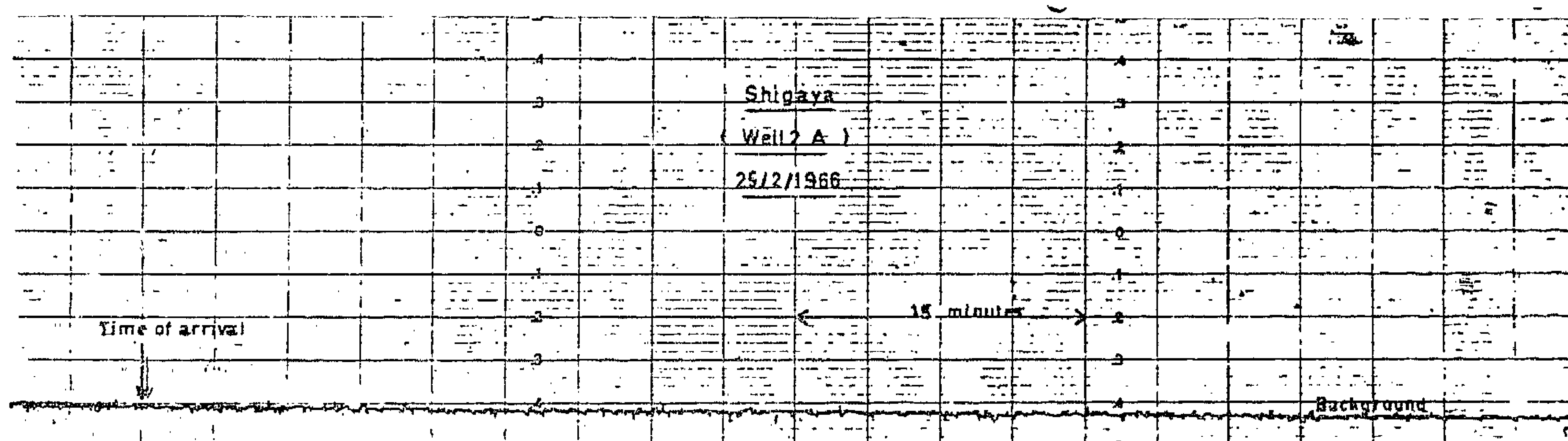


Fig. (3.3) Porosity determination

do not constitute a health hazard to users of water due to their comparatively short half-life. A disadvantage of these tracers is that they are adsorbable on to the water bearing formation materials. Tritiated water is the ideal tracer for such work since it is not adsorbed; however, its detection needs complicated and expensive apparatus. On the other hand, it may constitute health hazard for users of water if it is used in excessive amounts. (half-life $T_{\frac{1}{2}} = 12.26$ years).

The most suitable and convenient tracer for such experiments was found to be I^{131}. Accordingly, I^{131} was used in the investigations.

c — *Injection of the Tracer* :—

The investigators used the system developed in the Centre[9]. It consists of galvanized iron tubes of 1 inch diameter, fitted together, and lowered to the desired depth. The activity is poured in the tube and sufficient water was added to displace the activity to the aquifer.

d — *Detection of the Tracer* :—

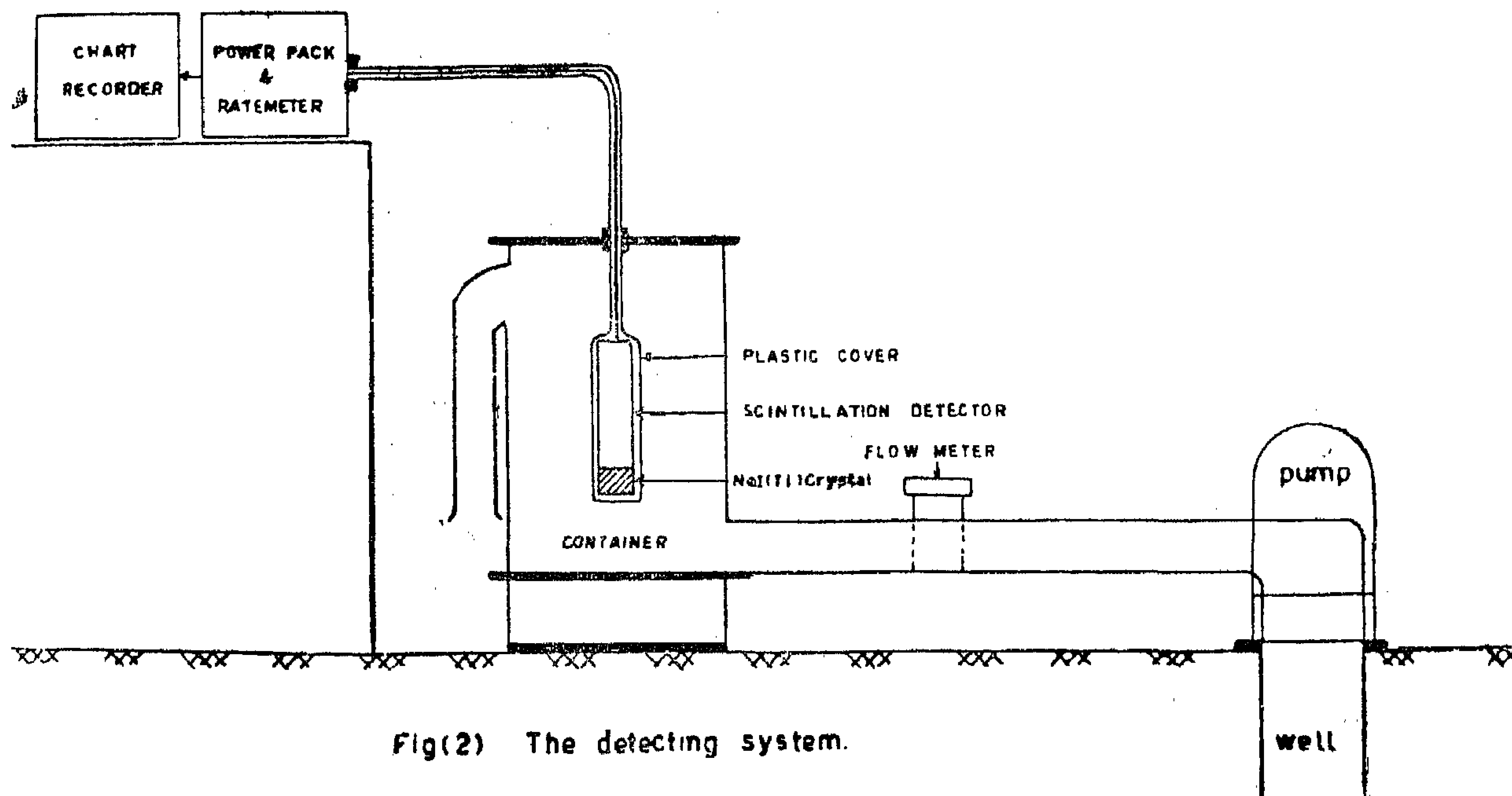
A set consisting of a scintillation detector provided with a NaI (TI) crystal of 3" × 3" dimensions coupled to a ratemeter and a chart recorder (housed in a "Land Rover" car provided with electricity) was used. The detector was enclosed in two thin black water — proof plastic envelopes to protect it from water. It was held vertically in a 0.22 m³ container with an opening at the bottom for the inflow of water and an opening at the top for the out flow (situated very near to the car where the set-up was housed). The stability of the detecting system was examined for several hours and was found satisfactory. The sensitivity of the set-up was high enabling less than one microcurie in the water filling the container be reliably detected. The set-up is shown diagramatically in figure (2).

e — *The Experiments* :—

An activity of about 100 millicuries of I^{131} was injected in the piezometer in each run. The activities of I^{131} were recorded in the field on charts.

f — *Results* :—

First experiments for the determination of the effective porosity in Kuwait had been carried out in three localities : Rawdatain, Sulaibiyah and Shigaya described in a previous section. In each locality one run was undertaken injecting abut 100 mc. I^{131}. Every lasted as long as possible.



Fig(2) The detecting system.

V. *DETERMINATION OF THE HYDRAULIC CONSTANTS*

Estimation of ground water depends on the determination of the hydraulic properties of the water bearing formations, namely, the effective porosity, transmissibility, permeability, storage coefficient and leakage coefficient. In the present work the effective porosity had been determined by the use of the radioactive isotope as a tracer, and the rest of the hydraulic constants by pumping test analyses using both the conventional tape method and the radioactive isotope as an indicator.

1. *Effective porosity :*

a — *Theoretical Consideration :—*

The principle of the method applied[7] in the determination of the effective porosity is to inject a radioactive tracer in an observation well (piezometer) at a depth determined by the characteristics of the investigated well. From the time of arrival of the tracer in the neighbouring pumped well, the effective porosity of the water bearing formation could be determined by applying the equation :

$$\Theta_t = \frac{Qt}{\pi x^2 b} \qquad (1)$$

where : Θ_o is the effective porosity,

- Q the constant pumping rate,
- t the time of arrival of the tracer to the pumped well,
- x the distance between the piezometer and the pumped well, and
- b the thickness of the aquifer.

Equation (1) is applied only for a well fully penetrating an aquifer which behaves as a radial flow system.

In the case of a well partially penetrating the aquifer, the flow system will be different from that of the radial flow, i.e., the flow system will be spherical. Consequently, Equation (1) should be modified to account for the partial penetration. There are several methods for such modification. The simplest and most direct for the case of large pumping periods, that is when a steady state is maintained, is that by transforming the actual pumping rate (Q_p) to be equivalent, in its effect on the pressure distribution around the partially penetrating well, to a fully penetrating well. The equivalent discharge (Q) can thus be calculated using the following equation:[8]

$$Q = Q_p \left[\frac{(b/h_s)\ m\ (\pi h_s/2 r_w) + 0.10 + m\ (r_o/2b)}{m\ (r_o/r_w)} \right] \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

where : h_s = screen length of the partially penetrating, or the length of the open hole,

r_w = effective radius of the well, and

r_o = radius of influence or of cone of depression.

The value of r_o is obtained from the following equation:[4]

$$S_m = h_o - h_w = \frac{Q_p}{2\pi P} \left[\frac{1}{h_s}\ m\ (\frac{\pi h_s}{2 r_w}) + \frac{0.10}{b} + \frac{1}{b}\ m.\ (\frac{T_o}{2b}) \right] \qquad \ldots\ldots\ldots (3)$$

where : s_m = maximum drawdown at the pumped well,

P = coefficient of permeability,

h_o = head at the radius of influence r_o, and

h_w = head at the effective radius of the well r_w.

b — *The Radioactive Tracer :—*

Among applicable radioactive tracers in ground water studies, bromine 82 (half-life $T\frac{1}{2}$ = 36 hours), iodine 131 (half-life $T\frac{1}{2}$ = 8.04 days) and chromium 51 (half-life $T\frac{1}{2}$ = 27.8 days) are used. Being gamma emitters, they are easily detected. On the other hand, they

for effective porosity determination and another for pumping were conducted.

(3) *Umm Al-Aish*

a) *General :*

The initial investigations which were carried out at Rawdatain led to the discovery and development of an adjacent field to the south-west in the Umm Al-Aish Area.(1-5) The ground water is found in a three-aquifer system that is similar in composition to the Rawdatain aquifers. They are, though, more silty and clayey and extensively cemented with a lower permeability than that of Rawdatain. The aquifers are separated by variable thickness of sandy siltstone and clayey siltstone beds. The upper aquifer has a thickness of about 25 feet at a depth of about 45 feet. The middle aquifer is 10 to 15 feet thick and the lower aquifer has a thickness of aboht 60 feet.

The field is estimated to contain 20,600 M Imperial gallons of water in storage with less than 2000 ppM TDS. Natural recharge is estimated at 0.2 million Imperial g.p.d.

b) *Hydrology :*

Due to the extensive cementing of the semi-confining beds leakage between the three aquifers may be hindered.

It was assumed, by Parsons, that the value of the porosity is 15% and specific yield is 12%, and by the Arab Experts(6) that the specific yield is 10%. The results of previous pumping tests of two wells gave values of transmissibility in the range of 4 to 16 m^2/h, and of storage coefficient in the range of 0.001 to 0.0001.

(4) *Localities of the First Sets of Investigation*

The first sets of investigations had been carried out in three localities in Kuwait : Rawdatain, Sulaibiyah and Shigaya. The construction details of the tested wells are as follows :

i — *Rawdatain :*

The experiments had been carried out on well R—16A for porosity and hydraulic characteristics; and on well R—22A for hydraulic characteristics only.

Well R—16A taps the uppermost aquifer which is 14 m. thick and is considered to be under water table conditions. This well has a depth of 50 m. which reaches the bottom of the aquifer. The length of the screen is 12.2 m. An observation well is located at a distance of 5.8 m. from the pumped well. The details of both the pumped and observation wells are similar.

Well R—22A taps the lowermost aquifer. Its total depth is 60 m. and its total screen length is 9 m. An observation well R — 22 is located at a distance of 16.77 m. and is of a total depth of 60 m. and screen length of 12.2 m.

ii — *Sulaibiyah :*

The experiments had been carried out on well 9. Its total depth is 191 m. The top of the aquifer is at a depth of 134 m, and is overlain by a confining chert layer. The well is an open hole-without screen-whose depth is 44.2 m. below the casing. The total aquifer thickness of the Dammam limestone formation at this locality is reported to be about 185 m. The flow system is artesian and the piezometric pressure rises to a depth of 30 m. from the ground surface. An observation well of the same geometry as that of the pumped well was drilled especially for the present study; and is located at a distance of 5 m. from the pumped well.

iii — *Shigaya :*

The experiment had been carried out on well 2A. This well is 280 m. deep of which 54 m. is left as an open hole in the Dammam limestone. The top of the aquifer is a depth of 220 m. from the ground surface and is overlain by a confining chert layer. The total thickness of the aquifer at this locality is believed to be approximately 120 m. An observation well of the same geometry as that of the pumped well is located at a distance of 9.15 m. from the pumped well.

field. Investigations of the geology and hydrology of the formation have been carried out by K.O.C. and recently by Parsons Corporation in 1963.[1-5]

Independent investigations of the Dammam aquifer were carried out by the Department of Water and Gas, of the Ministry of Electricity and Water. These have led to the development of the Shigaya field in Southwestern Kuwait which has indicated, so far, to be a potential source for the state in the near future.

In Kuwait the Dammam is composed of about 600 to 800 feet of Eocene marine limestone lying below the sand and silt of the Miocene Kuwait Series. Regionally, the formation dips north-eastwards from outcrops in Saudi Arabia, a distance of 300 km. to the south. It is found in Kuwait at depths 400 to 600 feet or deeper.

The top of this formation is an erosional surface unconformable at the base of the Kuwait Series. It is capped with 5 to 20 feet of generally continuous cherty limestone, which acts as a confining layer for this artesian aquifer.

The upper members of this formation are composed of white, fine to granular, porous limestone. Generally, the limestone is fractured and vugular at places. The lower members are generally composed of finely crystalline, tight (except at fractures), dolomitic limestone.

The Dammam Formation contains considerable amounts of brackish water under artesian pressure in fractures, solution cavities, ... etc. The salinity of the water ranges from 2000 to 5000 p.p.m. in Western Kuwait and increases rapidly down dip towards the north-east. It is believed that the fresher water is migrating north-eastwards at a low rate from the recharge areas at the outcrops in Saudi Arabia.

b) *Hydrology* :

i) *Sulaibiyah* :

The Sulaibiyah ground water field is considered one of the most important water resources in Kuwait, due to its large productivity. It is believed that the water is mainly issued through the joints and fractures that are common in the Dammam limestone. The water moves under artesian conditions from the south west to the north-east. It has been previously reported that the Dammam formation is not the principal aquifer yielding water Sulaibiyah and that the water is mainly produced from the overlying sediments. The high salinity of the water in the field's eastern part is principally due to leakage from the Kuwait Group. The slight rise of salinity of the central part of the field reflects the result of over-pumpage along with interference between wells, and the inflow of connate water from the east through the Dammam itself. With proper planning, this salinization could be minimized.

Prior to this work, no values for effective porosity and few for hydraulic properties have been obtained. One test for the effective porosity determination using the radioactive isotopes and two pumping tests were conducted in the area using both the tape and radioactive method.

ii) *Shigaya* :

The Shigaya area is now under hydrologic investigation by the Department of Water and Gas. At the end of the drilling operations valuable information for the future of this area will be achieved. Extraction of ground water from the Shigaya area may not result in any quality change even for long term pumpage. The large aquifer thickness may also allow high pumpage without an appreciable depletion of water. With extensive study, this field could be evaluated for economic utilization.

Prior to the present study, this field had not been fully tested hydrologically. One test

IV. *DESCRIPTION OF THE DIFFERENT AQUIFERS UNDER INVESTIGATION*

(1) *Rawdatain*

a) *General :*

The discovery of this water field (1-5) in northern Kuwait was the result of a mislocation mistake of a brackish water well needed in the construction of Basra road during summer 1960. The sustained production of fresh water from the well led the Government of Kuwait to contract Parsons Corporation in late 1960 for the purpose of investigating the field. Their work was extended in late 1931 to fully develop the field and bring it to a water resource status. Developments and expansions were carried on until May 1964 although production was initiated in September 1962. Maximum production was set at 4 M IGPD pumped from 26 wells with a designed composit TDS of less than 1000. The basin contains 27,900 MIG of water with less than 2000 p.p.m. TDS, and is naturally recharged at 0.7 MIGPD.

The ground water is found in three interbedded leky artesian aquifers belonging to the Dibdibba formation, the Pleistocene period of the Kuwait Group. The formation consists of two units, an upper unit of gravel and a lower unit of sandstone, siltstone and conglomerate. The upper aquifer is composed of mainly poorly sorted, calcareous, conglomeratic sandstone and some loose pebbles and is from 25 to 80 feet thick at a depth of from 90 to 100 feet at the centre of the basin. The middle aquifer is similar in composition to the upper aquifer and ranges in thickness from 5 to 20 feet. The lower aquifer is less conglomeratic with fine sandy siltstone, and ranges in thickness from 35 to 60 feet. The three aquifers are separated by thin beds of low permeability of sandy siltstone and shale partially cemented with a calcareous matrix, and it ranges in thickness from 7 to more than 25 feet.

b) *Hydrology :*

From the hydrologic point of view, the upper most aquifer behaves as a water table case or unconfined aquifer. The other two aquifers are considered confined water- bearing fromation with possible leakage.

It was assumed, in previous work, that the aggregate specific yield is 12% (Parsons, 1963) and 15% (Arab Experts, 1964) for all the sediments, with a porosity of 22%.

In the present work the value of the effective porosity or specific yield, using the radioactive isotopes, represents only the upper most aquifer. Similar tests should be made on each aquifer separately.

Also, previous pumping tests were based on considering the flow system as pure radial flow toward the wells and neglecting the effect of the possible leakage. These analyses showed large variations of the transmissibility and storage coefficients (8-200 m^2/h and (0.01 — 0.0001) respectively. This was due to the fact that each tested well taps more than one aquifer. Consequently, the results of the previous pumping tests should not be considered as representing values for the individual aquifers. In the present work, care had been taken to account for the hydraulic behaviour of individual aquifers considering the possible leakage. However, the latter tests are only considered as basis for future tests and planning.

(2) *Sulaibiyah and Shigaya*

a) *General :*

The great potentials of the Dammam limestone formation, which comprises the principal aquifer of brackish water in Kuwait, has long been recognized by first the Kuwait Oil Company (K.O.C.) during its oil drilling operations. The aquifer has formed a major brackish water source for both the Government of Kuwait, from Sulaibiyah field, and the Kuwait Oil Company, from Abduliyah

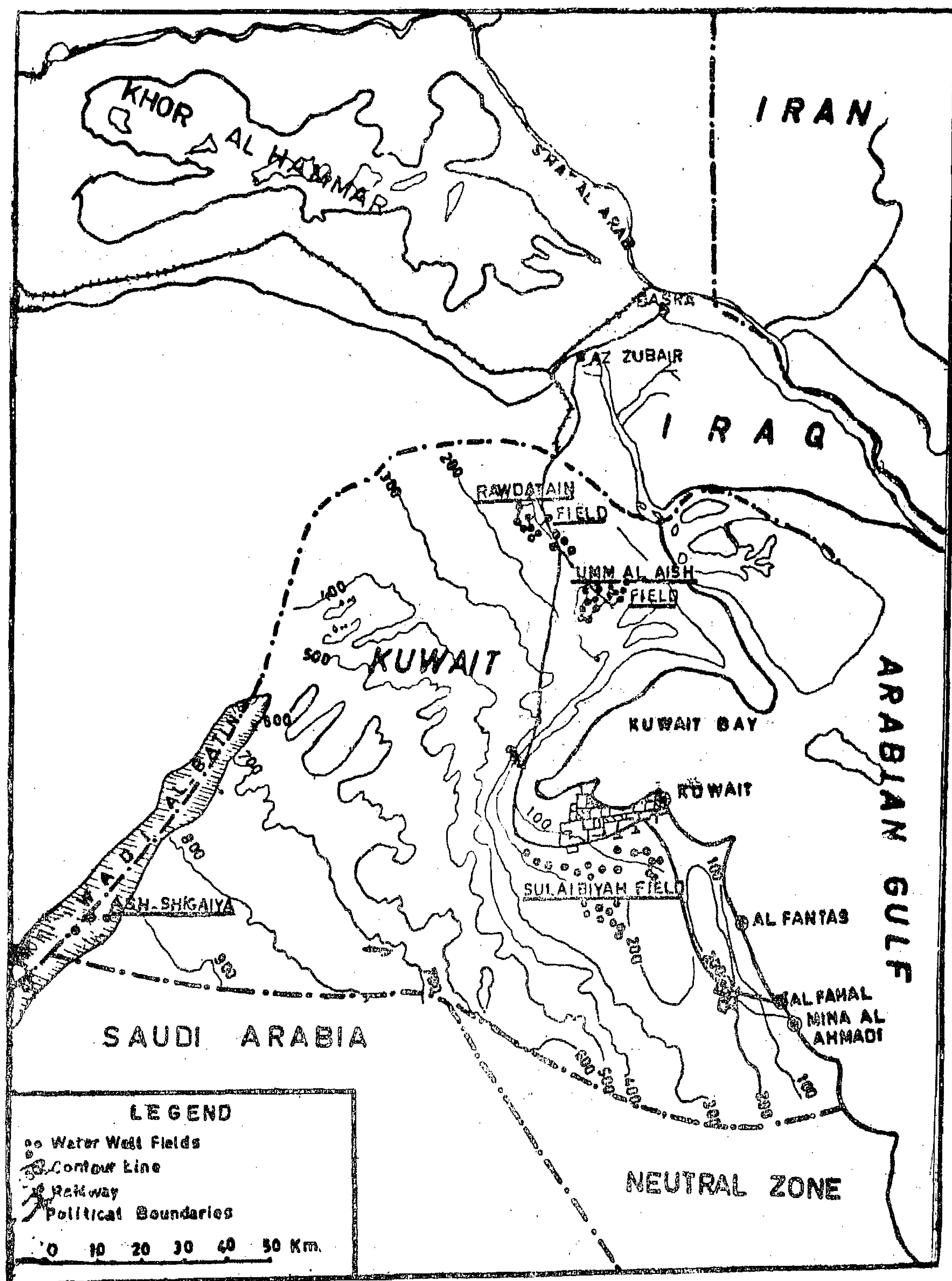


Fig. (1) Water projects of kuwait

II. *GLOSSARY*

Porosity (Θ) :

The porosity of a ground water aquifer is the volume of water required to saturate unit volume of the aquifer (dimensionless).

Effective Porosity (Θ_o) :

The effective porosity or specific yield is the volume of water which can be drained or pumped per unit volume of the aquifer (expressed in m^3/m^3, i.e. dimensionless).

Coefficient of Storage (S) :

The storage coefficient of an aquifer is defined as the volume of water released or taken into storage per unit surface area of the aquifer per unit change in the water level (expressed in $(m^3) / (m^2) / m$, i.e. dimensionless).

Coefficient of Permeability (P) :

It is defined as the rate of flow of water through unit area under unit hydraulic gradient. (expressed in m/hr).

Cofficient of Transmissibility (T) :

It is defined as the rate of flow of water through a vertical strip of the aquifer of unit width under unit hydraulic gradient. This is equal to the coefficient of permeability times the thickness of the aquifer. (expressed in m^2/hr).

Coefficient of Leakage or Leakance :

It is the quantity of flow that crosses a unit area of the interface between the main aquifer and its semi-confining bed, if the difference between the head in the main aquifer and in that supplying leakage is unity.

III. *WORK IN KUWAIT*

The Centre provided the team with all the equipment and radioactive isotopes needed for carrying out the investigations in Kuwait.

The field work in Kuwait started on 24 February 1966 and lasted till 8 March 1966. The first part of the work was the investigation of the Shigaya aquifer which is considered by the State of Kuwait as an important new area.

The team performed three sets of experiments; each comprising the porosity experiment and the pumping test using both the tape and radioactive isotope methods in three areas; namely, Rawdatain, Sulaibiyah and Shigaya. (Fig. 1).

In order to have representative data for the ground water aquifers in Kuwait, the forthcoming programmes will be as follows :

1. Four sets of experiments to be carried out in Rawdatain,
2. Four sets of experiments to be carried out in Sulaibiyah,
3. Three sets of experiments to be carried out in Shigaya,

and

4. Three sets of experiments to be carried out in Umm Al-Aish.

However, *the project aims at :—*

1. Effective Porosity and Hydraulic Characteristics.
2. Water Distribution for different strata.
3. Dating — Determination of Rechargeable Rate.
4. Activation Analysis (Chemical Analysis for Trace Elements).
5. Logging.
6. Coring.

INVESTIGATION OF UNDERGROUND WATER IN KUWAIT

By

HAZZAA, I.B
SAAD, K.F.,
SHARHAN, A.M.,

AKHRAS, N.G.,
SHUHAIBER, Y.K.,

ACKNOWLEDGEMENTS

The investigators wish to express their gratitude to the Governing Body of the Centre for its decision to fund the investigations which had been carried out in Kuwait.

The facilities offered by the Centre made it possible to carry out, successfully, this work in Kuwait.

They are grateful for the keen collaboration and valuable help of the Staff of the Water and Gas Department, Ministry of Electricity and Water, Kuwait.

Finally, the investigators wish to thank Eng. Hassan, Eng. Farouk of Kuwait and the Staff of the Centre who helped during the progress of this work.

I. *FOREWORD*

The Governing Body decided in its meeting of 30 November 1963 of its second session that certain projects will be carried out in the Region.

"Investigation of the ground-water parameters in Kuwait" project was submitted by The State of Kuwait.

In accordance with the above mentioned decision, two members of the Centre's staff, Dr. Hazzaa I. B. and Dr. Saad K. F., visited Kuwait during the period 28 July to 3 August 1964 to investigate and study the procedure of the hydrology research project to be carried out in Kuwait.

They held several meetings with Eng. Sharhan and Eng. Akhras; and also visited the different water fields at Rawdatain, Umm Al-Aish and Sulaibiyah.

The team discussed the programme of work and methods of execution with the authorities of the Ministry of Electricity and water. The following programme of work was concluded :

(A) *Areas of study:* Rawdatain, Umm Al-Aish and Sulaibiyah :

(B) *Programme of Work :*

1 — Porosity determination
2 — Pumping test analysis : (drawdown — time) curves.
3 — Determination of any leakage between the different aquifers.
4 — The determination of any rechargeable rate by determination of H^3 (Tritium) in the underground water.
5 — Besides, there will be chemical analyses of the water; and some correlations between the constituents of the water and other factors will be determined.
6 — Establishment of a hydrological documentation section for recording data from the different water points in the field was recommended.

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretariat at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T. 60 per annum.

Subscription for others P.T. 200 per annum.

HEAD OFFICE

Egyptian Society of Engineers,

28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

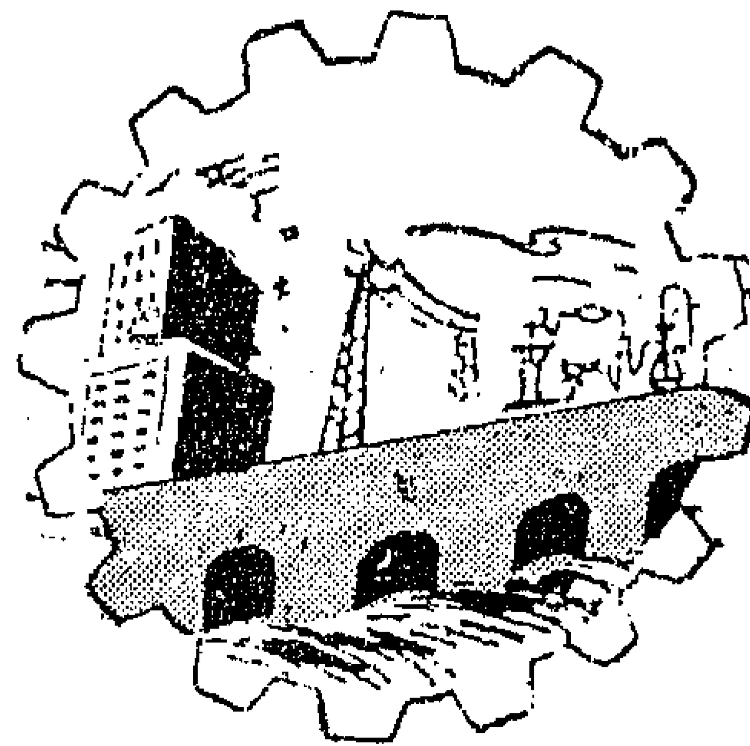
Vol. VIII — No. 2 April-May-June 1969

CONTENTS

ENGLISH SECTION

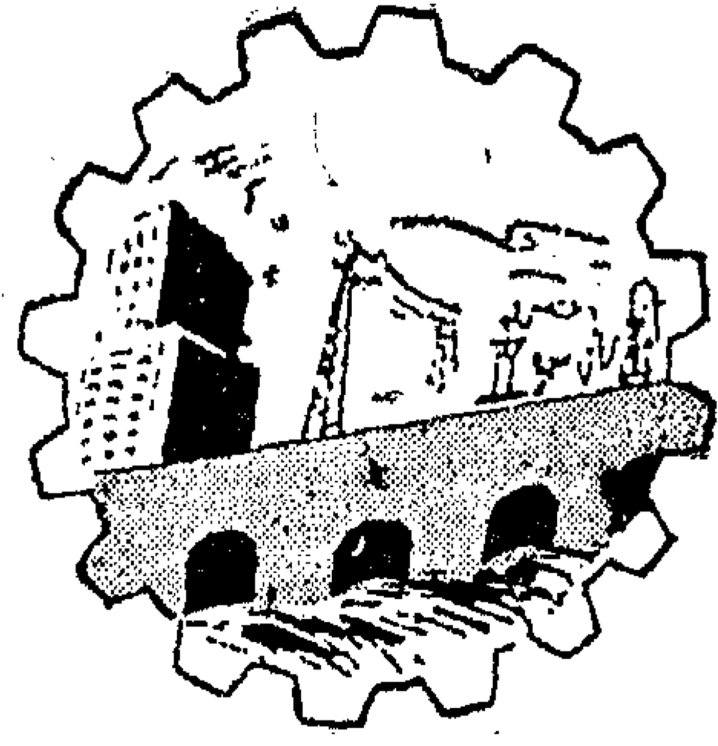
ARABIC SECTION

"Mondiale" Press—Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U. A. R.

April - May - June 1969
Vol. VIII
No. 2



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العـــدد الثالث　　المجلد الثامن　　يوليو - أغسطس - سبتمبر ١٩٦٩

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية ٢٩٨/١٩٦٩

المطبعة العالمية ١٦ و ١٧ ش ضريح سعد بالقاهرة

مجلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية - تصدرها كل ثلاث شهور
جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثامنة | العـــدد الثالث | يوليو — أغسطس — سبتمبر ١٩٦٩

محتويات لهذا العدد

القسم العربي

صفحة

القسم الافرنجى

بيانات :

مقر المجلة

جمعية المهندسين المصرية

٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة
تليفون : ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين مشتركون فى المجلة بحكم عضويتهم
- الاشتراك السنوى لغير الأعضاء : ٦٠ للمهندس و ٣٠٠ للهيئات
- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التى تنشر بها وتعبر عن رأى كاتبيها فقط .

الإعلانات
مؤسسة مصر للطباعة والنشر
القاهرة : ١٩ شارع سوق التوفيقية تليفون : ٥٩١٠٩

لجنة التحرير

حول تطبيق ربط نظم الأجر بالانتاج
فى الجمهورية العربية المتحدة

للمهندسة أمينة الحفنى

مقدمة — حاجتنا إلى ربط الأجر بالانتاج فى الجمهورية العربية المتحدة :

تزداد الحاجة إلى دراسة الأجور والمرتبات بصفة عامة والأجور الحافزة بصفة خاصة . فللأجور أهمية فى الاقتصاد القومى لأنها تكون الجزء الأكبر من الدخل القومى الذى تهدف الدولة إلى مضاعفته كل عشر سنوات . وهذا فى الوقت الذى تكون فيه الأجور عنصراً هاماً من عناصر تكلفة مشروعات الإنتاج والخدمات . وتهدف الإدارة السليمة إلى تخفيضها لزيادة الفائض الذى تستفيد الدولة من الجزء الأكبر منه فى الاستثمارات المطلوبة للتوسع الاقتصادى .

أى أن تحقيق التنمية الاقتصادية للدولة معناه زيادة الأجور ويتحقق هذا بخفض عناصر التكلفة وأهمها الأجور . ولا يمكن التوفيق بين هذين المتناقضين إلا عن طريق رفع إنتاجية العمل وتخصيص جزء من العائد نتيجة لهذا الرفع لمكافأة العاملين عن الجهود التى بذلوها لتحقيقه .

وهذا يتطلب الاستفادة من التطور التكنولوجى وتحسين طرق العمل ورفع مستوى الأداء عن طريق مراعاة مناسبة الأفراد للأعمال التى يقومون بها ، واستمرار التدريب والتنمية وتطبيق الأساليب العلمية فى تخطيط وتنظيم وتنسيق ورقابة الأعمال وفى تحفيز الأفراد المساهمة بجهودهم وفكرهم فى تطوير العمل ورفع إنتاجيته .

والحاجة ماسة أيضاً إلى إرساء نظم عادلة لربط الأجر بالإنتاج للعاملين بمختلف القطاعات حتى يمكن موازنة العرض الذى يزيد بزيادة الإنتاج مع الطلب الذى تساعد على زيادته الزيادة فى الأجور فيمكن تنظيم سياسة الأسعار فى الدولة .

هذا على المستوى القومى ، أما على مستوى المنشأة فإن ربط الأجر بالإنتاج يعتبر من أهم وسائل الإدارة لقيادة العاملين بالمنشآت وتحفيزهم نحو رفع الإنتاج لتحقيق الأهداف خصوصاً وأن الأعمال فى أى منشأة مبنية بعضها على البعض ، ويؤثر نشاط كل فرد فيها على إنتاجية غيره من العاملين ، كما يتأثر هو بإنتاجيتهم . هذا بالإضافة إلى كون ربط الأجر بالإنتاج وسيلة عادلة لتقسيم عائد النشاط بين أفراد المجموعة .

علاقة ربط الأجر بالإنتاج بسياسة الأجور :

لوضع أى نظام لربط الأجر بالإنتاج لابد من ربطه بنظام متكامل لسياسة عادلة للأجور من حيث المستوى والهيكل.

أما مستوى الأجور فتعلق بمستوى المعيشة وبالظروف الاجتماعية والاقتصادية السائدة والتشريعات والقوانين التى تضبطها .

وأما هيكل الأجور فيتحدد من ترتيب الوظائف وتقييمها وربطها بالمستوى الأدنى الذى يحدد للعمالة غير الماهرة مستوى للمعيشة المناسب ، ومن المدى الذى تتدرج منه الأجور من الأدنى إلى الأعلى على أسس الأقدمية وتقدير الكفاءة التى تشجع المهارات والكفاءات ، وعلى أساس الموازنة بين الأعمال اليدوية والذهنية .

ويجب ربط الزيادة فى الأجور بالإرتفاع فى الإنتاجية بما يضمن زيادة الأجور بمعدل أقل من معدل الزيادة فى الإنتاجية للفترة الواحدة ، وذلك لكى لا ترتفع الأسعار ، ويحدث التضخم .

ولذلك يجب أن يسبق مرحلة ربط الأجر بالإنتاج تحديد مستوى الأجور المتناسب مع نفقات المعيشة ، وإعداد هيكل الأجور ثم تحديد المدى بين أدنى وأعلى الأجور الفردية على المستوى العام للأجور والتدرج فى الفئة الواحدة من فئات الأعمال .

ولكى ينجح تطبيق نظم ربط الأجر بالإنتاج فى الجمهورية العربية المتحدة لا بد من إعادة النظر فى كل من سياسة الأجور من حيث المستوى والهيكل ، بهدف موازنة الأجور بنفقات المعيشة والغلاء من ناحية ، وإعداد نظام متكامل لتقييم الوظائف يمكن على أساسه تطبيقها وتقسيمها إلى فئات أجور تربط بين الأجور وقيمة الإنتاج القابل له للاقتصاد القومى من ناحية أخرى . ثم التخلص من مشاكل العمالة الزائدة ، والبحث عن وسائل تحقيق العمالة الكاملة بأقل مساس بالكفاءة الإنتاجية للمنشآت . ثم تعديل قوانين ولوائح العاملين بما يضمن حرية أكبر للادارة مع رقابة ومحاسبة دقيقة لها على النتائج .

دور الهندسة الصناعية فى ربط الأجر بالإنتاج :

يتطلب كل ما سبق الاهتمام بدراسة وتطبيق أساليب الإدارة العلمية ، وإرساء نظم الرقابة الدقيقة والمبنية على معايير ومعدلات مطلوب وضعها عن الأعمال المختلفة بتطبيق أساليب الهندسة الصناعية ، كما أنه يتطلب وجود النظم المحاسبية التى تستعين بهذه المعايير لمقارنة النتائج على أساسها وتقدير الانحرافات لتحليل أسبابها ، وتحديد المسئولية عنها ، ووسائل معالجتها وهذه أيضاً تحتاج إلى التعاون الوثيق بين المهندسين الصناعيين وبين المحاسبين .

وفى اعتقادى أن من أهم ما ينقصنا فى الجمهورية العربية المتحدة لدفع التنمية الاقتصادية عن طريق رفع الكفاءة الإنتاجية فى مجالات أنشطتها المختلفة ، هو تأخرنا فى الاعتراف بدور الهندسة الصناعية فى عملية الإدارة العلمية وبالتالى التقدم البطىء فى تطبيق أساليبها فى تحديد معايير ومعدلات الأداء التى تكون العمود الفقرى فى العملية ، وفى تطبيق المدخل الهندسى للاستفادة من عناصر العمل مفردة ومكتملة لتحقيق أحسن ما يمكن من النتائج .

* * *

أنواع الخطط لربط الأجر بالإنتاج :

أولا : خطط تربط الأجر بالمجهود المبذول من الأفراد على أساس معدل محدد من الأداء ولكنها تختلف بعضها عن بعض فى طريقة المحاسبة .

وتستخدم فى الحالات التى يمكن أن يقاس فيها إنتاج الأفراد بطريقة مباشرة ويستعان فيها بمعايير يحصل عليها عن طريق دراسة العمل وتطبيق أساليب الهندسة الصناعية .

ولذلك . تعتمد هذه الخطط على وجود جهاز قوى

من المهندسين الصناعيين ومن الإخصائيين فى دراسة العمل بالذات كما تعتمد على نجاحهم فى الحصول على الطرق والمعايير القياسية للأعمال والتى تؤخذ كأساس للمحاسبة .

وقد أمكن تطوير بعض هذه الخطط بحيث شملت العاملين غير المباشرين والكتابيين كما توجد خطط تطبق على الملاحظين والمديرين ، وإن كانت الأعمال فى المستويات العليا تتأثر النتائج فيها بشخصية شاغلها أكثر مما تتأثر بطبيعة واجباتها وبطرق الأعداد لها .

ثانياً : خطط المشاركة فى الانتاج مع ثبات الأجر :

وهى تضمن لجميع العاملين نسبة من الأرباح يتفق عليها مقدماً ولكنها تختلف فى أساس حساب الربح ، وفى النسبة المدفوعة . وتهدف إلى تحفيز الأفراد وربطهم بأهداف المنشأة فى تحقيق الربح .

تفرع عنها خطط توزيع حصيلة من أى تخفيض فى تكلفة العمالة أو فى أى تكاليف فى الإنتاج يتحكم فيها الأفراد وتهيىء هذه الخطط للتعاون بين الإدارة والعاملين لحل مشاكل الإنتاج .

ويتوقف نجاح هذه الخطط على رضاء الأفراد على مستوى أجورهم وعلى علاقتهم بالإدارة العليا ومدى مشاركتهم فى إدارة المنشأة وإمكانية تحقيق الربح أو الوفر ، ثم على مدى فهمهم لأساس الخطة وموافقتهم عليها .

وتستخدم هذه الخطط فى الصناعات المنتجة للسلع الاستهلاكية والمنشآت الصغيرة فى أمريكا ، وتستخدم كذلك فى الاتحاد السوفيتى ولكن تكون المشاركة فى الأرباح على أساس الزيادة عن المقرر فى التخطيط المبنى على المعدلات والمعايير العلمية ، كما أنها تشمل أكثر من منشأة ، ومعيارها درجة المشاركة فى تطوير الاقتصاد العام للدولة .

وأثر هذه الخطط فى رفع الكفاءة الإنتاجية يتوقف على الزمن الذى يمضى بين بذل الجهد فى العمل وبين ثماره فى العمل . ويكون هذا الزمن أصغر ما يمكن فى الخطط التى تحاسب بالطريحة أو بنظام أجر تعاقدى ولذلك تلجأ بعض المنشآت إلى توزيع ناتج الأرباح بتقسيم السنة إلى فترتين أو أكثر .

كذلك يعيب هذه الخطط تأثرها بعوامل متعلقة بالسوق خصوصاً فيما تتبعه بعض المنشآت من مقارنة الربح الفعلى بربح متوقع مبنى على تقديرات علمية فى مجالات الإنتاج والتسويق فى الميزانيات التقديرية وتعديل الأرباح الموزعة بنسبة الأرباح الفعلية إلى المقدرة .

وعموماً . . فان أياً من هذه الخطط لربط الأجر بالإنتاج يحتاج إلى التدعيم بنظام محاسبى علمى دقيق يربط الزيادة فى الإنتاجية أو التخفيض فى التكاليف بمسبباته ، ويحدد نصيب الأجور من عائد رفع الكفاءة الإنتاجية أو خفض التكلفة بالنسبة للعوامل الأخرى التى ساعدت عليها .

كما يجب أن تكون الخطط المطبقة فى الوحدات متكاملة ومتناسقة على مستوى الدولة بما يحفظ التوازن فى اقتصادها العام ، من حيث ضبط نسبة الأجور فى الميزانية العامة وتنظيم الأجور عن الوظائف المختلفة فى المجالات المختلفة والموازنة المستمرة بين مستوى الأجور ومستوى المعيشة مع مراعاة تأثير رفع الأجور فى نشاط ما على الأنشطة الأخرى .

نظم ربط الأجر بالإنتاج ترتكز على تقييم الأعمال وتقييم الأداء :

إن الاستفادة من هذه النظم فى قيادة الأفراد نحو العمل بأقصى كفاءة إنتاجية ممكنة متوقف على مدى شعور الفرد بأن ما يحصل عليه من أجر عن عمله يشبع احتياجاته المادية وجزءاً كبيراً من احتياجاته المعنوية .

ويجب أن يحدد الأجر على أساس جميع الاعتبارات المطلوب استيفاؤها لكى يكون حافزاً . فالأجر يجب أن يغطى نفقات المعيشة ويساير الأجر المتداول فى السوق عن العمل المماثل . وفى الوقت نفسه يجب أن يتناسب أيضاً مع

درجة إتقان العمل ، ومع أهمية وصعوبة العمل المطلوب كنتيجة لقدرات وسلوك الفرد فى العمل والجهد الذى يبذله فيه . كذلك يجب أن تراعى مدة الخدمة فيخصص جزء منه لتقدير الوفاء للمنشأة والمساعدة على استمرار العمل مقابل الوفورات فى الأعباء المالية والإدارية التى كان يتسبب فيها دوران العمل وعدم انتظامه .

وعليه . . فانه يمكن تركيب الأجر الذى يتقاضاه أى فرد عن عمله على العناصر المذكوره ، وذلك كالمبين فى الشكل رقم ١ .

مكونات الأجر :

يتضح من الشكل أن تحديد الجزء من الأجر المرتبط بالعمل ، واجباته ومسئولياته والقدرات والكفاءات المطلوبة له ، مبنى على وجود نظام عادل لتقييم العمل ، كما يتوقف تحديد عناصر الأداء المستحق عنها الأجر (الكمية . . الجودة . . السلوك . . أجر إضافى . . مشاركة فى الأرباح) على وجود نظام عادل لتقييم الأداء .

ويدخل الجزء المرتبط بالخدمة ضمن الأجر الشخصى ، ويزيد بزيادة مدة الخدمة المتواصلة فى المنشأة وذلك تقديراً لوفاء العامل من ناحية ولموازنة النقص فى الإنتاجية مع تقدم السن فى بعض الأعمال من ناحية أخرى .

أما الجزء الثابت من الأجر فمرتبط بالحد الأدنى للأجر الذى يتوقف هو وعلاوة غلاء المعيشة على التشريعات واللوائح التى تربط الأجور بنفقات المعيشة .

وتختلف مكونات الأجر من عمل إلى آخر ، ومن قطاع إلى آخر نتيجة لإرتباطها بعناصر العمل وظروفه .

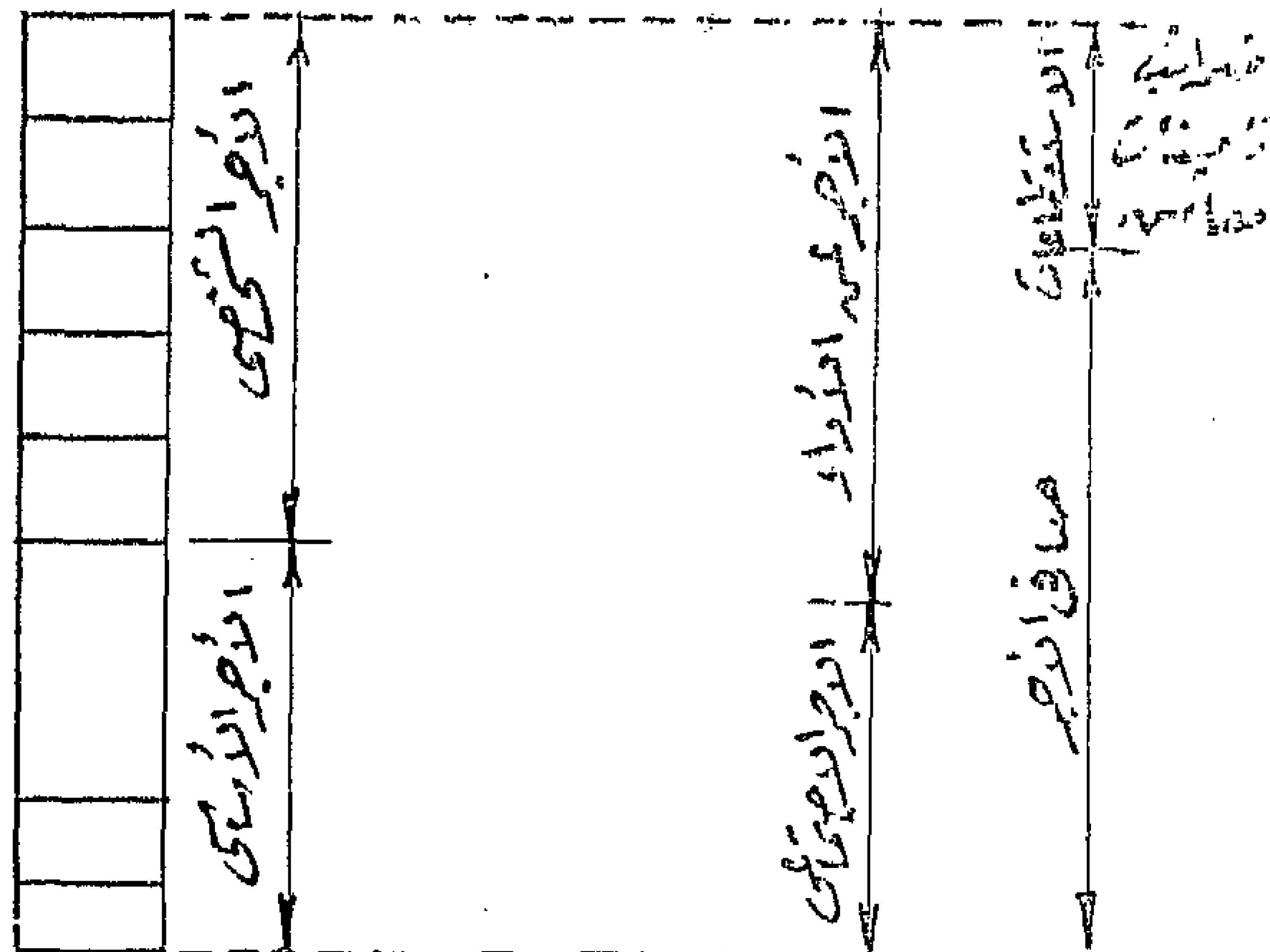
ويساعد فصل الأجر إلى عنصرين : الأساسى والشخصى على توضيح العدالة فى تقدير الأجور فلا يتألم عامل فى فئة أعلى من تقاضى من هو فى فئة أقل منه أجراً صافياً أكبر من أجره ، إذا علم أن الجزء الأساسى فى أجره أكبر وأنه مساير لنظام عادل لتقييم الأداء وأن الفرق نتيجة للجهود الشخصية المبذولة من كل منهما .

ويوضح الشكل رقم ٢ العلاقة بين الأجر الثابت وتقييم العمل وتكوين الأجر الأساسى منهما للفئات الأساسية للأجور .

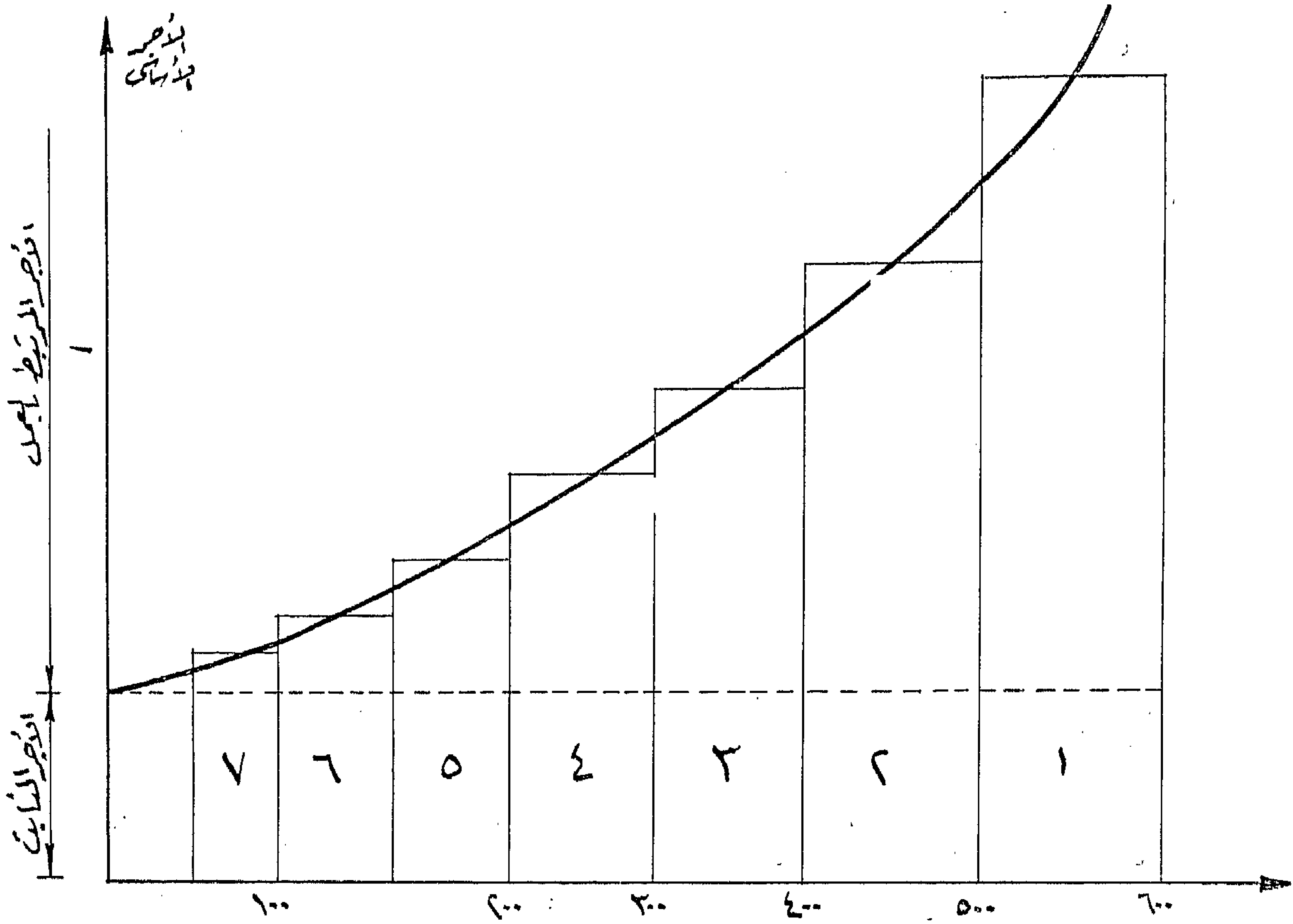
المعالم الأساسية لإرساء نظم ربط الأجر بالإنتاج :

يساهم الأفراد فى العمل بوقتهم وجهودهم وفكرهم ولذلك يستحسن ربط أجر العاملين بالمدة التى يقضونها فى العمل وبحصيلة العمل التى يخرجون بها خلالها من حيث الكمية والجودة مقارنة بمعايير موضوعة على أساس دراسة العمل ، وأيضاً بالقدر الذى يشاركون فيه فى تحسين العمل أو تطويره لزيادة الإنتاجية وخفض تكاليف الإنتاج .

مشاركة فى الأرباح أو المكافأة التشجيعية
أجر إضافى
الجزء المرتبط بمدة الخدمة
الجزء المرتبط بالأداء
الجزء المرتبط بالسلوك
الجزء المرتبط بالعمل
الجزء الثابت (الحد الأدنى للأجر)
علاوة غلاء المعيشة



(شكل رقم ١)



(شكل رقم ٢)

ولتحديد نظام يربط الأجر بالإنتاج لا بد من استيفاء الآتى :

١ — أن يكون العمل ملموسا وله مؤشرات واضحة ومن ثم أهمية وجود توصيل العمل ومعايير مرتبطة بأدائه .

٢ — أن يكون للعامل أو المجموعة من العاملين تأثير على جزء من هذه المؤشرات .

٣ — أن يكون النظام قابلا للتطبيق من حيث وجود التقبل له من العاملين ومن حيث قدرة المنشأة على تثبيت معدلات الأداء ومعايير العمل وتجنيب العاملين عطلات لادخل لهم بها وكلها تدخل ضمن الوظائف الحيوية للادارة .

٤ — وجود نظام محاسبي دقيق يوصل إلى تحديد انحرافات الإنتاج الفعلى عن الإنتاج التقديرى وتقييم هذه الانحرافات وتحليل أسبابها وتحديد مواطن المسئولية وإمكانيات العلاج .

أى أن إرساء نظام لربط الأجر بالإنتاج فى منشأة ما ، لا بد له من مراجعة التنظيم وخطوط الاتصال فيها وأيضاً مراجعة توصيل الأعمال وتقييمها ثم تحديد المعايير المستخدمة فى نظم تقييم الأداء وتقدير كفاءة الأفراد على أساس مؤشرات مرتبطة بالعمل والعوامل المؤثرة فيه واختيار النظام المحاسبي واختيار نظام مشاركة الأفراد فى حصيلة إنتاجهم .

المعايير والمؤشرات المتوفرة فى ربط الأجر بالإنتاج :

تتحدد هذه المؤشرات على أساس تحقيق أهداف معينة تشمل أبعادها كمية عمل محدد فى وقت محدد وبجودة محددة

وتكاليف محددة ، وإن كان تحقيقها يتم بواسطة جهود بشرية تستخدم مواد ومعدات. كما يتوقف تحقيق الأهداف على سلوك الأفراد أثناء العمل نتيجة لتفاعل صفاتهم الذاتية مع ظروف العمل الفنية والإدارية .

وبناء عليه .. فان اختيار مؤشرات تقييم الأداء للأفراد يرتبط بالأداء كما ونوعا وباستغلال الإمكانيات المرتبطة به من معدات ومواد وبسلوك الأفراد تجاه استغلال الوقت وتنظيم العمل واتباع التعليمات والتعاون والمشاركة بالجهد والفكرة فى تطوير الأهداف وتنميتها لا تحقيقها فحسب . وعلى حسب نوع العمل وظروفه تتحدد المؤشرات التى يمكن الاعتماد عليها لتقييم الأداء . وفيما يلى بعض مؤشرات تستخدم لهذا الغرض :

١ — مؤشرات الإنتاج :

وترتبط بالكمية المنتجة فى فترة محددة وبمستوى جودة الإنتاج وجودة الأداء وباستخدام الآلات والمعدات والمواد وضبط المواعيد المحددة للانجاز ، ويربط كل مؤشر من المؤشرات المذكورة بامكانية تلمسه والعوامل التى يتأثر بها والجهات المتأثرة به ومدى قابلية استخدامه للربط بين العمل والأجر . ويمكن توضيح ذلك بالمصفوفة شكل ٣ .

٢ — مؤشرات مرتبطة بالزمن :

وتشمل اعتبارات العمل المتعلقة بمدة الخدمة وطول يوم العمل والساعات الإضافية وساعات التعطيل ، ونسبة الغياب عن العمل ونسبة الوقت الضائع بلا عمل وأسبابه ... ... الخ

٣ — مؤشرات مرتبطة بسلوك الأفراد فى العمل :

وتدخل فيها قوة شعوره بالانتماء للمنشأة ومدى تفانيه فى تحقيق أهدافها والاستقامة والمرونة والإخلاص فى معاملة الآخرين والتمسك بالنظام واتباع التعليمات فى العمل ومدى مشاركته فى تقديم اقتراحات لتطوير العمل وتخفيض التكاليف وقيمة ما يتقدم به . وأثر كل من هذه المؤشرات فى رفع إنتاجية الغير وإنتاجية المنشأة ككل .

(شكل ٣)

المؤشر / خواصه	الكمية	الجودة	استخدام الآلات والمعدات	استخدام المواد	مواعيد الإنجاز
مدى التأثير عليه وملموسيته					
العوامل التى يتأثر بها					
الجهات المؤثرة فيه					
الارتباط بين العمل والأجر					

٤ — مؤشرات مرتبطة بالصفات الذاتية فى الشخص:
قدراته الكامنة وقابليته لتولى أعمال أخرى ، وقدرته على الاعتماد على النفس وعلى اتخاذ القرارات ... ... الخ.

ويعد نظام ربط الأجر بالإنتاج للأعمال المختلفة فى المنشأة بدراسة كل مؤشر على حدة من حيث أهميته للعمل ومن حيث إمكانية الفرد فى التحكم فيها لصالح العمل وترجيح بعضها على بعض على هذه الأسس بالاستعانة بطريقة المصفوفات .

وفيما يلى أمثلة لمصفوفات لتقييم مؤشرات العمل والأداء وهى منتقاة من عدة دراسات أجريت بمعرفة معهد التنظيم الصناعى التابع لكلية الهندسة بزيوريخ فى سويسرا ، عن نظم ربط الأجر بالإنتاج فى بعض المنشآت .

طرق الدفع :

١ — بالاتفاق مع العاملين على كمية إنتاج تؤدى فى زمن محدد وبمستوى جودة محدد ، وتكاليف محددة وعلى طرق محاسبة ما فوقها وما دونها .

٢ — بالطريحة أو القطعة على أساس الوحدات المطابقة للمواصفات التى ينجزها خلال يوم عمل أو زيادة عن نصاب معين .

٣ — الأجر الزمنى ويتقاضى العاملون أجورهم على أساس يومى أو شهرى .

دراسة ارتباط الأجر بمؤشرات الانتاج

تأثير العامل فى الإنتاج	تأثير الآلة فى الإنتاج	تأثير المواد على الإنتاج		
		ضعيف	متوسط	قوى
تأثير كبير	ضعيف	اتفاقيـة	طريحة	قوى
متوسط	متوسط	طريحة	طريحة	طريحة
ضعيف	شديدة	طريحة	طريحة	طريحة

معايير الأداء

حجم الأداء		المواصفات
من الناحية الموضوعية	محتويات الأداء	درجة صعوبة العمل وقيمة العمل
من الناحية الشخصية أو الذاتية	السلوك فى الأداء	المساهمة فى خفض تكلفة العمل . تأثيره على عمل الآخرين
	القدرة على الأداء	إنجاز الأداء المطلوب قدرات كامنة لأداء أعمال أخرى
	جودة الأداء	تحقيق متطلبات الجودة
	كمية الأداء	كمية العمل فى الوحدة الزمنية
	استمرار الأداء	قلة الغياب عن العمل — تطوير العمل

تقييم السلوك لثلاث مختلفة من الأعمال

التقييم		فئة العمل											
		« أ »				« ب »				« ج »			
		المعايير				المعايير				المعايير			
المرتبة	الوصف	م ١	م ٢	م ٣	مجموع	م ١	م ٢	م ٣	مجموع	م ١	م ٢	م ٣	مجموع
١	تحت المعدل المنتظر بكثير	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢	» » »	٢	٣	١	٦	٣	٣	٢	٨	١	٢	١	٤
٣	مطابق للمعدل »	٤	٦	٢	١٢	٦	٦	٤	١٦	٢	٤	٢	٨
٤	فوق المعدل »	٦	٩	٣	١٨	٩	٩	٦	٢٤	٣	٦	٣	١٢
٥	فوق المعدل المنتظر بكثير	٨	١٢	٤	٢٤	١٢	١٢	٨	٣٢	٤	٨	٤	١٦

تقييم جودة الأداء لفئات مختلفة من الأعمال

التقييم		فئة العمل		
الدرجة	الوصف	أ	ب	ج
		تقيم الجودة		
١	أقل من المعدل المنتظر بكثير	صفر	صفر	صفر
٢	أقل من المعدل المنتظر بكثير	١٠	٥	١٠
٣	مطابق	٢٠	١٠	١٥
٤	فوق المعدل المنتظر	٣٠	١٥	٢٠
٥	فوق المعدل المنتظر	٤٠	٢٠	٢٥

المرفوض = صفراً

يتم تقييم الجودة بمعايير يسهل قياسها بصورة مباشرة أو غير مباشرة بالنسبة لكل مجموعة من الأعمال . وعلى حسب أهمية الجودة لكل عمل ، وذلك بوضع العدد المناسب من النقط .

تقييم كمية العمل لكل فئة من فئات الأعمال المختلفة

التقييم		فئة العمل		
الدرجة	الوصف	أ	ب	ج
		تقيم العمل		
١	تحت المعيار المنتظر بكثير	صفر	صفر	
٢	تحت المعيار المنتظر بكثير	٩	١٢	
٣	مطابق للمعيار المنتظر	١٨	٢٤	تقاس
٤	فوق المعيار المنتظر	٢٧	٣٦	
٥	فوق المعيار المنتظر بكثير	٣٦	٤٨	

فى حالة قياس الكمية يعد جدول يربط بين معامل كمية العمل $\frac{\text{الكمية المعيارية}}{\text{الكمية الفعلية}}$ أو $\frac{\text{معدل الأداء القياسى}}{\text{معدل الأداء الفعلى}}$

وذلك كالجدول الآتى :

تقييم كمية العمل فى حالة القياس

معامل الأداء	فئة العمل ا	فئة العمل ب
	تقييم كمية العمل	
٠,٩	١٠	٤
٠,٩٥	١٥	٨
١,—	٢٠	١٢
١,٠٥	٢٥	١٦
١,١	٣٠	٢٠
١,١٥	٣٥	٢٤
١,٢	٤٠	٢٨

تقدير علاوة سنين الخدمة

عدد سنين الخدمة المتواصلة	سن الالتحاق بالعمل: حتى ٢٤	حتى ٣٠	حتى ٤٠	ابتداء من ٤٠
١	١	٢	٣	٣
٢	٢	٣	٣	٤
٣	٣	٣	٤	٤
٤	٤	٤	٤	٥
٥	٥	٤	٥	٥
٦	٥	٥	٥	٦
٧	٠	٥	٦	٦
٠	٠	٠	٠	
٠	٠	٠	٠	
٠	٠	٠	٠	
٠	٠	٠	٠	
	تقييم سنين الخدمة بالنقط			

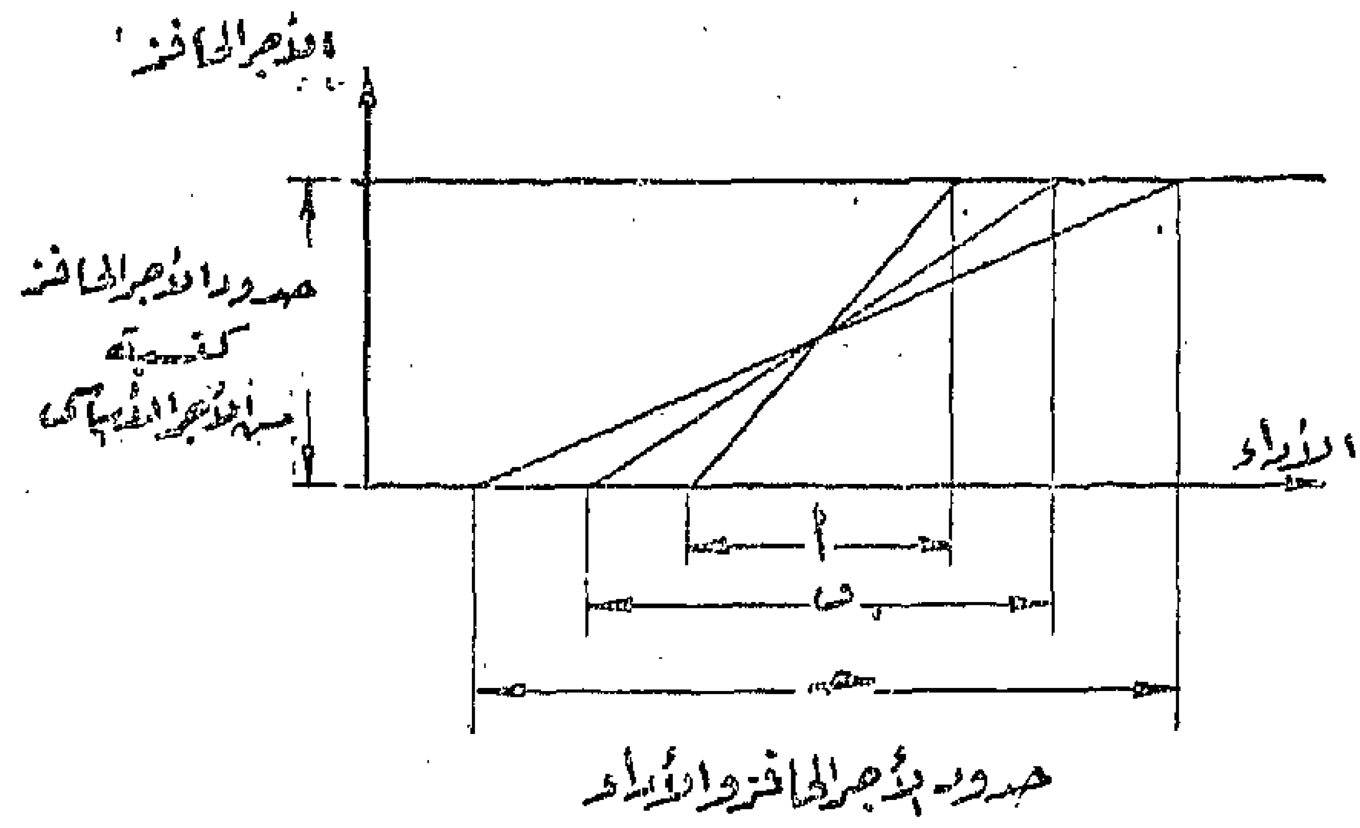
الجدول يربط بين الخبرة السابق اكتسابها للملتحقين بالعمل فى سنين متقدمة وبين سنين خدمتهم فى المنشأة .

ربط العوامل المكونة للاجر عن الأداء

يعطى للجزء من الأجر المرتبط بالأداء نسب مئوية من الأجر الأساسى تشمل تقييم جميع العوامل المكونة لهذا الجزء من الأجر ، ويفضل أن تكون النسبة المئوية لأعلى تقدير متساوية لجميع فئات الأعمال مع اختلاف تقديرات العوامل المختلفة لكل فئة ، وذلك كالآتى :

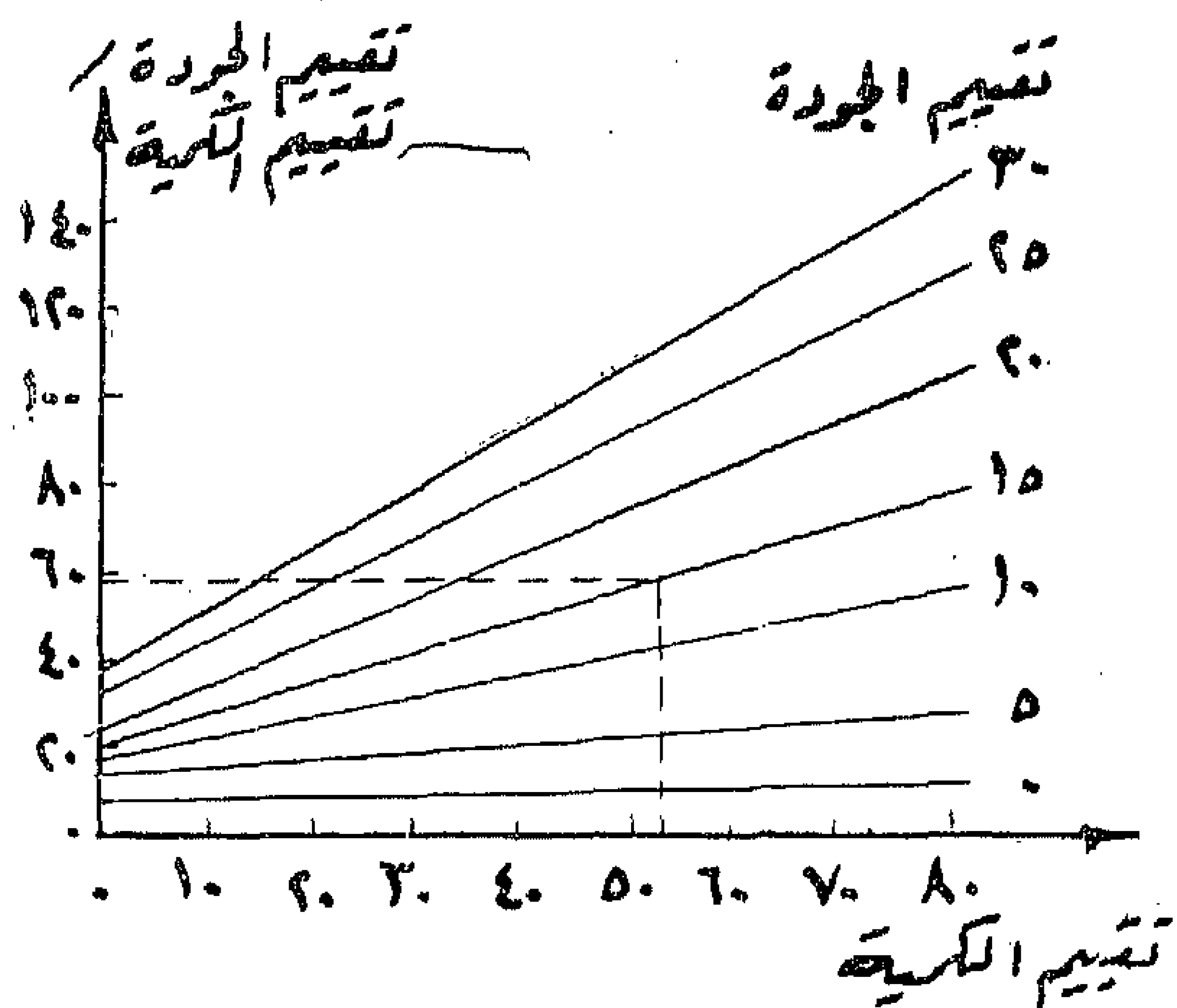
وهناك طريقتان لتركيب العوامل المكونة للأجر عن الأداء :

١ — الطريقة التجميعية : وفيها يجمع التقييم عن الكمية وعن الجودة وعن السلوك وعن سنين الخدمة . ويتم ذلك بجمع النقط الممثلة لكل هذه العوامل للعمل وتمثل

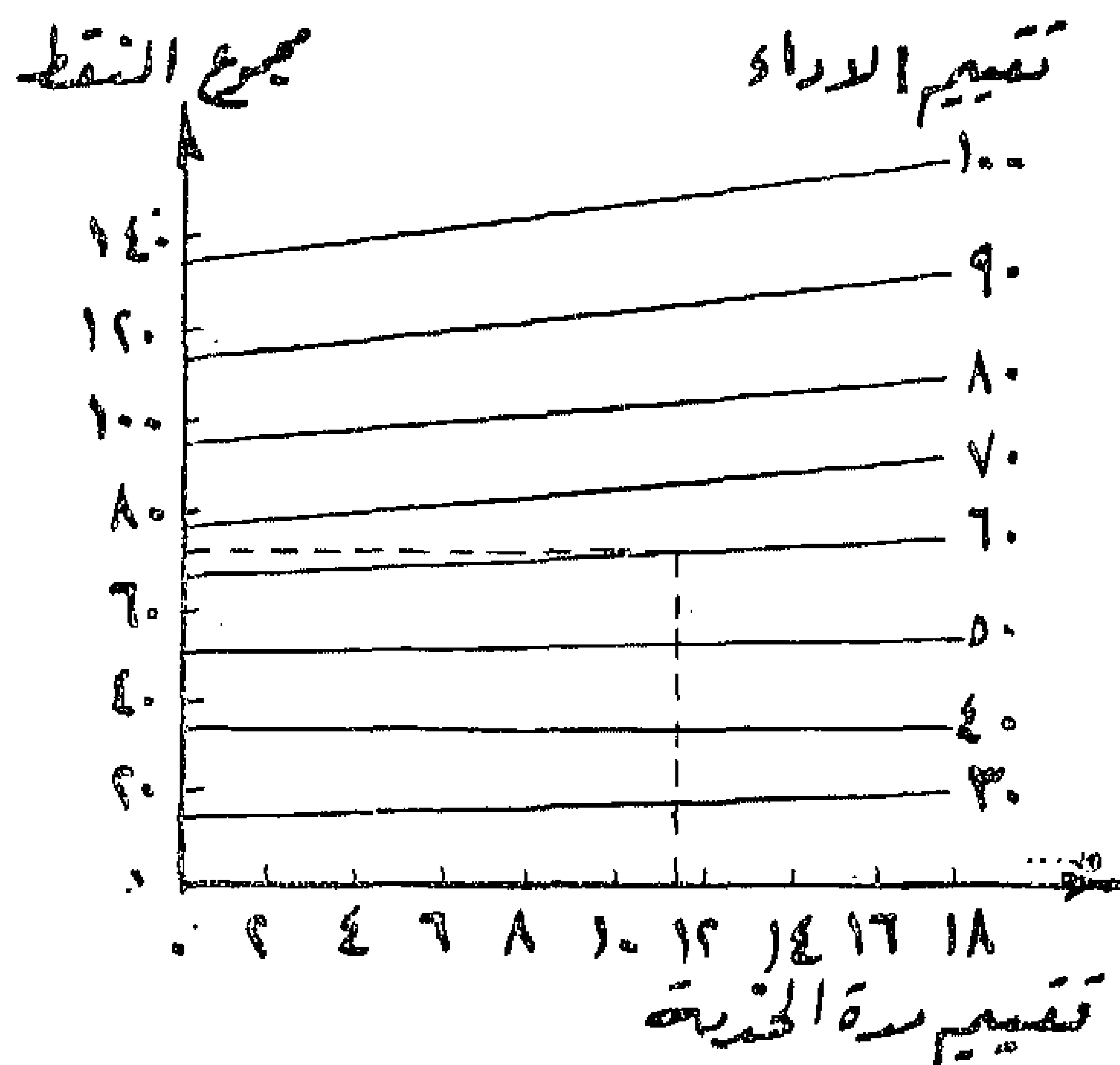


مجموع النقط قيمة الأجر عن الأداء كنسبة مئوية من الأجر الأساسى ، كما يمكن أن يقيم كل من هذه العوامل كنسبة مئوية من الأجر الأساسى ، وتجمع جميعها .

٢ — الطريقة المركبة : ويتفادى فيها تعويض نقط القوة لعنصر الكمية لنقط الضعف فى الجودة ويستخدم فيها الرسومات البيانية فى ربط الكمية والجودة وتجمع النتيجة مع تقييم السلوك ليعطى قيمة الأداء ثم يربط تقييم مدة الخدمة مع قيمة الأداء لينتج التقييم الذاتى أو قيمة الأجر المرتبط بالأداء ويحسب كنسبة مئوية من الأجر الأساسى .



(التقييم المركب لـكمية الأداء والجودة)



(التقييم المركبي للأداء ولمدة الخدمة)

بعض العوامل الانسانية التي يجب أخذها في الاعتبار عند ربط الأجر بالانتاج :

١ — ألا يضار أى عامل مادياً من تطبيق نظام لربط الأجر بالإنتاج ، ومن ثم يجب أن يكون معلوماً للادارة قبل إدخاله أنه سينتج عنه حتما أعباء مالية .

٢ — الحصول على ثقة العاملين فيه وشعورهم بعدالته وذلك باشراك الأفراد الذين يطبق عليهم (أو ممثليهم) فى تحديد المعايير المستخدمة فيه وفى اعداد النظام المستخدم ، وعقد اجتماعات موسعة لشرح ما يتفق عليه .

٣ — أن يستمر الأجر كحافز على المدى الطويل بحيث يهتم العاملون بتطوير الإنتاج والمنتجات ، وكسب الأسواق لضمان الاستمرار واطراد الزيادة فى الأجور . وهذا يعنى الاهتمام بالمفهوم الاجتماعى للأجر ولربطه بالإنتاج لتحقيق العدالة ولإتاحة الفرص لزيادة الأجور التى يتم ارتفاعها على المركز الأدنى للأفراد .

٤ — لكى يساعد على تحسين العلاقات الإنسانية بين الأفراد ورفع الروح المعنوية فى المنشأة ، يجب تعريف كل فرد بعمله . . حدوده ومسئولياته وارتباط عمله بعمل الآخرين . . . . الخ وأيضاً الاهتمام بتدريب الرؤساء ورفع المهارة الإشرافية وبالذات فى التوجيه السلوكى من خلال تقييم الأداء وتقدير الكفاءة .

متطلبات إعداد نظام بربط الأجر بالانتاج فى أى منشأة :

١ — مراجعة تنظيم الواجبات والمسئوليات والسلطات وخطوط تسلسل الأعمال والإجراءات واللوائح المرتبطة بها .

٢ — مراجعة توصيف الأعمال وتحديد الكفاءات والقدرات المطلوبة للأداء لكل منها .

٣ — مراجعة تقييم الأعمال والتأكد من مناسبة الأجور الأساسية لصعوبتها وأهميتها بالنسبة لبعضها البعض وارتباطها بنفقات المعيشة .

٤ — تقسيم التنظيم إلى وحدات اقتصادية صغيرة وتقسيم برنامج النشاط إلى فترات زمنية صغيرة ، على أساس معايير التجانس والتكامل بين الأعمال وإمكانية ربط النتائج بالمسئوليات .

٥ — تحديد واضح للنتائج الأخيرة المطلوب الوصول إليها فى كل وحدة ، وفى كل فترة وتحديد المواصفات الكمية والنوعية لها .

٦ — تحديد السعات والآلات والمعدات والعمالة اللازمة لتحقيق الأهداف المحددة على أساس معدلات ومعايير[1] موضوعة للأداء .

٧ — حساب التكاليف الثابتة والمتغيرة المنتظرة وإعداد ميزانية تقديرية لكل تقسيم وتحديد عناصر التكلفة القياسية لكل منها .

٨ — وضع النظام المحاسبى للرقابة المستمرة لنتائج نشاط كل وحدة وتحديد حجم وأسباب وأماكن المسئولية للانحرافات .

٩ — وضع الأسس التى يتم على أساسها توزيع العائد على الوحدات الاقتصادية ، ثم إعادة توزيع الوحدة لنصيبها بين العمالة المباشرة وغير المباشرة فيها ، وأيضاً بين أفراد الفئة الواحدة كل بقدر عمله .

---

(١) ويحسن أن يحصل على هذه المعايير القياسية بالطرق العلمية أى بأساليب الهندسة الصناعية ، ولكن نظراً لصعوبة الحصول عليها حالياً فى ج ع م ، فانه يمكن البدء فى استخدام المعايير التاريخية أو الجارى العمل بها على أن يصحبها نظام صندوق الاقتراحات لتشجيع الأفراد على الاهتمام بتطوير الأداء وتقديم مقترحاتهم مع مكافأة أصحاب أفكار التحسين وأيضاً المنفذين له . و ساعد على تطوير العمل تدريب شامل لجميع العاملين على الوسائل العلمية لتبسيط الإجراءات وتحسين طرق العمل مما يرفع من مقدرتها على المساهمة فى تقديم اقتراحات التطوير .

خاتمة

أن ربط الأجر بالإنتاج يعتبر من أهم المحفزات لرفع الكفاءة الإنتاجية للأفراد ومن ثم فإنه وسيلة فعالة فى يد الإدارة فى قيادة الأفراد نحو تحقيق أهداف المنشأة فتقدير الجهد الذى يبذله الأفراد فى العمل يجعلهم يتحمسون لبذل المزيد منه ويشجعهم على البحث عن وسائل ترشيد العمل وتطوير المنتجات أو الخدمات ، مما يقوى مركز المنشأة فى تسويق منتجاتها (أو خدماتها) والصمود أمام المنافسات المحلية والدولية ، والمساهمة فى التنمية الاقتصادية والتنمية الاجتماعية للدولة .

إلا أنه اتضح أن تطبيق نظم الأجر بالإنتاج لا يمكن أن يكون وحدة حافزاً على زيادة الإنتاجية ، بل لا بد من توافر شروط أخرى أهمها وجود تقسيم واضح للعمل وواجباته ومسئولياته وتخليص العمل من الأعطال وتحسين ظروف العمل وأيضاً تبسيطه وتنميطه والإعداد المهنى والمعنوى للأفراد والاهتمام بمداومة التدريب وتنميــة المهارات الفردية .

ويعتمد أى نظام لربط الأجر بالإنتاج على توصيف الوظائف وتقييم الأداء كما يتحدد الربط بعاملين :

الأول : شكل الأجر والعناصر المكونة له من حيث النوع والمستوى ويرتبط بكل من سياسة وهيكل الأجور .

الثانى : طريقة دفع الأجر عن عناصر الأداء ، وطريقة مكافأة زيادة الإنتاجية من خلال عقد أو أجر ثابت مع منح ومكافآت . . . . الخ .

وأخيراً . . فإن المفروض أن تؤدى الدراسة فى ظروف الإنتاج ، وفى طرق دفع الأجور فى القطاعات المختلفة فى ج. ع. م. إلى رسم اطار عام لربط الأجر بالإنتاج ، ويترك لكل جهة اعداد النظام الذى يتناسب مع نوع نشاطها وظروف عملها ، مع استمرار التطوير وعمل التصحيحات اللازمة لموازنة العلاقة بين الأجر وسوق العمل نتيجة لتغيير المناطق أو لتحسين فى تكنولوجية الأداء أو لإصلاحات فى تنظيم وإدارة العمل .

* * *

دراسة التحكم الآلى
فى التعليم الهندسى[(١)]

الأستاذ الدكتور أسامة أمين الخولى

أستاذ كرسى ميكانيكا الطيران بجامعة القاهرة

أن وقوفى أمامكم اليوم فى واحدة من أسعد المناسبات الجامعية ، شرف كبير أقدره وأعتز به . ولا شك أن الاحتفال بانشاء قسم جديد فى جامعة لا يكون إلا تعبيراً حياً عن تطور هذه الجامعة وسيرها قدماً مع تقدم العلم وارتقائه وتنوع نشاطاته . ومع أنى شخصياً قد بدأت انظر فى الآونة الأخيرة إلى تعدد شعب الدراسة الهندسية فى مستوى الدرجة الجامعية الأولى بكثير من القلق ، وأدعو فى كل مناسبة إلى وقف هذا التيار الذى اعتقد أن أضرار السير فيه قد تكشفت لنا الآن بوضوح ، إلا أننى أعتقد أن انشاء قسم جامعى جديد — أى حشد جمع من العلماء فى تخصص جديد وإتاحة فرص العمل ومستلزماته لهم — اعتقد أن هذا أمر يفوق فى أبعاده وأهدافه وآثاره مجرد استحداث شعبة جديدة للدراسة لدرجة البكالوريوس . بل وربما لا يكون بين هذين الأمرين ـ فى التحليل النهائى ـ أى ارتباط جذرى . أما والقسم الوليد يعلن عن نفسه تحت اسم فرعين من أحدث فروع الهندسة المعاصرة ، فإن المناسبة تكون بالغة الأهمية فى أيام تتردد فيها كلمتا « العلم والتكنولوجيا » على كل لسان وفى كل مناسبة .

وربما يكون وقوفى فى هذه المناسبة أمامكم لأعرض عليكم بعض أفكارى الشخصية المتناثرة حول مكان دراسة التحكم الآلى فى التعليم الهندسى المعاصر عموماً ، وفى ظروف بلادنا بالذات ، ربما يكون وقوفى هذا فى حد ذاته أمراً يحتاج إلى التبرير والتفسير . وأرجو ألا يأخذ هذا فى النهاية شكل التماس المعاذير لمهندس ميكانيكى أولع بهندسة الطيران فأمضى الثلاثين عاماً الماضية من حياته يدنو منها ويبتعد عنها ، فى موجات متوالية من الانغماس فى الفرع المتخصص ثم العودة إلى المجرى الرئيسى ، يسبح فيه بحرية أكثر وربما يقطع فيه أشواطاً أبعد .

---

(١) محاضرة ألقيت بكلية الهندسة — جامعة الأسكندرية يوم الثلاثاء ١٩٦٩/٤/٢٩ بمناسبة الاحتفال بافتتاح قسم الآلات الحاسبة والتحكم الآلى بها .

فمالى والتحكم الآلى ، وهو الأمر الذى يرتبط فى الاذهان عادة بالهندسة الكهربية وبالالكترونيات والتى لا مفر من أن اعترف أمامكم بجهلى المطبق بخباياها الساحرة رغم انبهارى الساذج بإنجازاتها وتقديرى العميق لأهميتها ؟ مالى وهذه الدراسة الحديثة التى نمت فى حجمها وتطورت فى أساليبها فى ربع القرن الأخير تطوراً لم تشهده فروع أخرى كثيرة من المعرفة الهندسية ؟ وماذا تجدون عند مثلى مما يستحق أن يؤخذ فى عين الاعتبار وأنا نفسى دخيل على هذا العالم الحافل المثير .

لقد بدا لى أن فى الحديث إليكم عن تجربتى الشخصية مع التحكم الآلى عرض مقنع للطريقة التى تطورت بها هذه الدراسة وانتشرت وعمت ، فتغلغلت وتلاحمت مع فروع الهندسة الأخرى متبادلة معها الأخذ والعطاء بما يثرى الطرفين وينميهما . وسأضع هذه التجربة الشخصية أمام خلفيتها التاريخية ، أى أننى سأعرض فى كل مرحلة من مراحل قصتى الشخصية صورة عامة لما كان عليه واقع الحال فى ميدان التحكم الآلى عندئذ . أو — بمعنى آخر — سأستعرض فى نفس الوقت التطور التاريخى لهذا الفرع فى الهندسة لأن هذا التطور قد انعكس بالضرورة على موقف التعليم الهندسى منه .

وسأنتقل بعد هذا إلى عرض سريع للوضع السائد فى العالم اليوم فى تدريس التحكم الآلى فى المعاهد الهندسية مختتما حديثى بمحاولة لتخطيط سياسة لأعمال القسم الجديد أضعها تحت نظر الزملاء الأعزاء أساتذة القسم .

إن الأفكار الأساسية للتحكم التلقائى كامنة فى جذور التقدم الصناعى . فلقد تحكم جيمس وات بصورة آليه تلقائية فى سرعة محركة البخارى منذ عام ١٧٨٠ . وما زال حاكم الطرد المركزى (centrifugal governor) سائداً حتى اليوم بصورة تنطبق فى أساسها مع فكرة وات الأصلية . وأود أن ألفت النظر هنا إلى أن وات واجه منذ البداية واحدة من أهم مشاكل التحكم الآلى ، ألا وهى مشكلة الاستقرار (stability) وذلك على شكل ظاهرة « شطط الحاكم » (hunting) التى كانت ، وما زالت، شائعة فى كثير من المحركات .

ويعود إلى كلارك مكسويل — عالم الطبيعيات الإنجليزى الشهير الفضل فى تقديم أول تحليل نظرى لجهاز تحكم آلى وذلك بعد ابتكار وات للحاكم بمائة عام تقريباً . فقد درس الحاكمات التى ابتكرها سيمنس وقدم تحليلا نظرياً لها إلى الجمعية الملكية(١) فى بريطانيا عام ١٨١٨ ، أى منذ مائة عام مضت . والطريف فى الأمر أن فيشنيجر ادسكى ، وزير مالية روسيا القصرية فى تلك الآونة — وقد كان رياضياً هاوياً مبدعاً — تعرض لنفس المشكلة دون سابق معرفة بجهود مكسويل فى هذا المجال وخلص إلى نفس النتائج وقدمها إلى الأكاديمية الفرنسية(٢) بعد مكسويل بعشرة أعوام تقريباً ، فى عام ١٨٧٦ . وازداد الاهتمام بمشكلة أجهزة التحكم فى سرعة دوران المحركات باختراع التربين البخارى وانتشار محطات توليد الطاقة الكهربية . إلا أن البحث النظرى ظل يتعثر خلف الإنجازات العملية حتى وقت قريب .

---

(١) Maxwell : "On Governors", Proc. Roy. Soc., vol. 16, 1868, p. 270.

(٢) Vishnegradski : "Sur la Théorie des Régulateurs, "Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris, 1876, vol. 83, p. 318.

وجاءت الحرب العظمى (١٩١٤ - ١٩١٨) فأعطت هندسة التحكم الآلى دفعة قوية ،وفى الحرب البحرية بالذات . ومركز مينورسكى اهتمامه على مسألة توجيه السفن فى مسار محدد ، مستعيناً بتحديد انحراف اتجاهها الفعلى عن الاتجاه المرسوم لإجراء التصحيح اللازم للعودة بها إلى المسار المطلوب . وتم تطبيق هذا عملياً بعد ذلك ببضع سنوات . إلا أن الأمر الذى لا يقل عن هذا فى أهميته هو أن تحليل مينورسكى(١) النظرى لهذه المشكلة جاء تحليلا عاماً شاملا تعرض بوضوح — ولأول مرة — المشاكل الجذرية فى تصميم جهاز تحكم آلى . وكشف بهذا عن الدور الذى تلعبه معدلات التغيير وتكاملاته فى تحديد الأخطاء المطردة (steady state error) ، من ناحية ، ودرجة استقرار منظومة التغذية المرتدة (feedback) من الناحية الأخرى . وهاتان هما المشكلتان الرئيسيتان اللتان يدور حولها دائماً البحث فى تصميم أجهزة التحكم التلقائى .

ولقد صاحبت هذا الجهد — إن لم تسبقه — جهود أخرى تركزت حول مشكلة تصويب المدافع المركبة فوق ظهر سفينة بحرية تعلو وتهبط وتترنح على سطح بحر هائج . وانشغل سبيرى فى نفس الوقت تقريباً بأمر التحكم التلقائى فى طيارة — وهذه المشكلة أعقد فى تفصيلاتها من مشكلة توجيه السفن . وكانت طيارة ويلى بوست التى دار بها حول العالم فى الثلاثينات مزودة بطيار أوتوماتى من صنع سبيرى أتاح لويلى بوست فرصة اختلاس ساعات قصيرة للنوم أو الراحة أثناء رحلة دامت بضعة أيام .

ولقد استخدم الجيروسكوب فى هذه التطبيقات كعضو حساس تنسب إليه أخطاء الوضع كما استخدم المحرك المؤازر الإيدرولى (hydraulic servo-motor) فى بذل الجهد اللازم للتحكم فى مسار ووضع المركبة . وأجرى الكثير من الدراسات فى الأربعينات والخمسينات على هذا النوع من المحركات المؤازرة .

ولنعد قليلا إلى الوراء — إلى مطلع الثلاثينات من القرن الحالى . لنتتبع نقطة البداية لخيط أساسى آخر فى نسج التحكم التلقائى كما نعرفه اليوم . وأعنى به نظرية تصميم المضخم الإلكترونى (electronic amplifier) . فلقد فرض التوسع الهائل فى شبكة الاتصالات التليفونية واستخدام المضخم الإلكترونى فى تقوية الإشارات الآتية من بعيد — فرضاً على الشركات الصناعية لمعدات التليفونات دراسة عميقة لهذه المضخمات . وهكذا خرج علينا نيكويست عام ١٩٣٢ ببحثه الشهير — المعنون «نظرية الاسترجاع»(٢) — والذى يعرض تصوراً مفصلا وعاماً لموضوع استقرار منظومات التحكم ذات التغذية المرتدة . ولعلنا نذكر أن هذه الفترة من حياة الولايات المتحدة الأمريكية شهدت بداية اهتمام الشركات الصناعية الضخمة بالبحوث الأساسية وإنشاء معامل أبحاث كبيرة فيها . وحشدت الشركات لهذه المعامل إمكانيات لا سبيل للجامعات للحصول على مثلها ، وجندت لها نخبة مصطفاة من العلماء من داخل الولايات المتحدة نفسها ، ومن خارجها ، وأطلقت لهم العنان ليبحثوا فى مشاكل الصناعة على كل مستويات البحث . ولقد خرج بحث نيكويست عن معامل شركة بيل الشهيرة للتليفونات .

وسرعان ما أدرك كثيرون - خصوصاً بعد قيام الحرب العالمية الثانية - أهمية بحث نيكويست لمشاكلهم الخاصة وأنه فى حقيقته بحث أساسى فى استقرار المنظومات الدينامية أياً كان شكلها باستخدام أسلوب رياضى معروف . وربما كان مهندسو التحكم التلقائى من أوائل من تنبهوا لأهمية هذا البحث وبادروا بتطبيقه . ولقد تركت هذه السابقة التاريخية أثرها حتى اليوم فى استمرار الربط بين هندسة التحكم الآلى وبين الهندسة الألكترونية .

وتميز نشاط الاتحاد السوفيتى فى هذه الفترة فى مجال التحكم الآلى باهتمام واضح بالجوانب النظرية للموضوع ،

(١) Minorsky, N. : "Directional Stability of Automatically Steered Bodies", J. Am. Soc. of Nav. Engrs., vol. 34, 1922, p. 280.

(٢) Nyquist, H. : "Regeneration Theory", Bell Sys. Tech. J., vol. 11, 1932, p. 128.

فتكونت «لجنة للتحكم من بعيد وللأتومية» فى أكاديمية العلوم عام ١٩٣٤، ضمت ثمانى عشرة شعبة للتطبيقات المختلفة. وبدأت مجلة «الأتومية والتحكم من بعيد» (Automatika e Telemekhanika) والتى يعرفها كل عامل فى هذا المجال على أنها واحدة من أئمة المراجع فيه، بدأت فى الظهور عام ١٩٣٦. وتضمنت القائمة التى تقدمت بها أكاديمية العلوم فى الاتحاد السوفيتى أثناء إعداد الخطة الخمسية الثالثة عام ١٩٣٦ والتى شملت ثمانى مسائل علمية أساسية تقترح الانشغال بحلها خلال فترة الخطة، تضمنت مسألة تطوير وسائل الأوتومية والتحكم من بعيد، وإرساء دعائم نظرية علمية موحدة لهذا التخصص. إلا أن هذا النشاط لم يكن معروفا على نطاق واسع فى العالم الخارجى ولم تتكشف أهميته وتاريخه الطويل إلا بعد أن وضعت الحرب العالمية الثانية أوزارها ببضع سنين وبدأ العالم يتنبه بالتدريج إلى انجازات الاتحاد السوفيتى العلمية ويتعرف عليها عن طريق الترجمة والتبادل.

إلا أن هناك فرعا آخر من فروع النشاط الهندسى فرضت عليه ظروف العمل اهتماما مبكراً بدراسة التحكم التلقائى، ألا وهو الهندسة الكيماوية وهندسة تكرير البترول والبتروكيماويات بالذات. ولقد تحققت فى هذا المجال إنجازات عملية هامة فى فترة ما بين الحربين لعل أهمها وأكثرها شيوعا هو معدات التحكم فى الضغط ودرجة الحرارة ومعدل السريان. وكان هذا الاهتمام ضرورة فرضتها مقتضيات العمليات الكيماوية ذاتها والتى اقتضت مثل هذا التحكم الدقيق على نطاق صناعى كبير.

ولقد لعب المهندس الميكانيكى دوراً مشرفا فى إنتاج هذه المعدات بكميات وفيرة تعمل غالبيتها باستخدام الهواء المضغوط تحاشياً لمشاكل استخدام السوائل عند ضغط مرتفع كمصدر للطاقة، إذ أن هذه مشاكل لم يتحقق حلها حلا اقتصاديا فى تلك الآونة. ولقد تم هذا كله فى غياب نظرية — ولو تقريبية — لأداء هذه المنظومات المعقدة. وأود أن أنبه هنا إلى أنه لا مجال لنقد هذا الوضع أو اعتباره قصوراً بالمقارنة بالموقف السائد حينئذ فى الهندسة الألكترونية. فلقد كان المهندس الميكانيكى – على نقيض زميله مهندس الإلكترونيات – يعالج معدات شديدة اللاخطية (non-linearity). واسمحوا لى أن أؤكد هنا أهمية هذا الرافد الكبير من روافد نهر التحكم التلقائى العظيم، فكثيراً ما نغفل الدور الذى لعبته إنجازات المهندس الكيماوى وبحوثه فى ميادين تحليل العمليات والتفاعلات الكيماوية بتحديد نماذج دينامية لها، فى حفز المهندس الميكانيكى إلى بذل جهود مماثلة فى تمثيل ما يجرى من عمليات ثرموديناميه فى معدات توليد الطاقة، مثل المرجل البخارى وغرفة الاحتراق والمحرك الصاروخى.

وبابتكار الرادار، قبيل نشوب الحرب العالمية الثانية، واستخدامه فى تصويب النيران التحم ميدان الالكترونيات بميدان مؤازرات تحديد الوضع. وأتقن تصميم وإنتاج المؤازرات الكهربية – الإيدرولية (Electro-hydraulic Servos) واستخدمت كعناصر رئيسية فى حلقات تحكم كاملة ذات أداء عال يتم تصميمها وفقا لنظرية خطية متكاملة قادرة على التنبؤ بأداء المنظومة كلها بقدر طيب من الدقة واليقين.

ولقد بدأ اهتمامى بالتحكم التلقائى أول ما بدأ منذ ربع قرن أو يزيد، عندما واجهت لأول مرة، الطيار الأوتوماتى الذى كان شائع الاستعمال فى الطيارات الحربية أثناء الحرب العالمية الثانية. لقد بدأ واضحاً لى تماما حينئذ أن دراستى الجامعية قاصرة كلية عن أن تزودنى بمدخل لفهم هذا الجهاز الساحر. وحفزنى هذا إلى مزيد من البحث عن أجهزة التحكم التلقائى فى الطيارات. وأذهلنى انتشارها فى كل من المحرك والطيارة واختلاف أشكالها وأحجامها وطرق عملها.

ثم سافرت بعد هذا إلى الخارج لمتابعة دراستى. وجاء هذا فى وقت عادت فيه إلى الجامعات حشود من شباب العلماء وشيوخهم انكبت خلال الحرب التى انتهت قبيل سفرى على معالجة وحل مشاكل التحكم التلقائى فى كثير من الميادين.

وأذكر أنني واجهت من بين أساتذتي في ذلك الوقت عدداً كبيراً كان شديد الولع بهذا الفن الجديد، شديد الحماس له، دائم الحديث عنه وعن آثاره المرتقبة في حياة البشر . ولفت نظري أنهم لم يكونوا من المشتغلين في فرع واحد من فروع الهندسة ، فقد كان منهم المهندس الميكانيكي والمهندس الإلكتروني والمهندس الكيماوي على حد سواء .

ولقد نحت بهم نزعتهم الأكاديمية نحو التعميم والتأصيل والتجريد ، وتحت وقع بحوث نوربيرت ڤينر فيما سماه « السيبرنيات » (Cybernetics) ، إلى محاولة عرض نماذج رياضية للنظام الاقتصادي في المجتمع وصنع شبيه اصطناعي له يسمح بدراسة استجابته ودرجة استقراره تحت تأثير العوامل الاقتصادية المختلفة . ولن أنسى دهشتي وأنا أدرس مقرراً موجزاً في الاقتصاديات في مدرسة لندن للاقتصاد والعلوم السياسية ، عام ١٩٤٨ ، حين دخل علينا أستاذ بتركيبة من الأوعية والصمامات والأنابيب تكون شبيهاً ديناميًا للنظام الاقتصادي ، واتخذ منها وسيلة لتوضيح أثر العوامل المختلفة على النظام الاقتصادي . وسرعان ما انتشرت هذه المفاهيم الجديدة في دنيا المال والأعمال فواجهتها مرة أخرى كجزء أساسي من مناهج الدراسة في مدرسة هارفارد للأعمال بعد ذلك بعشر سنوات تقريباً .

إلا أن الدراسة الرتيبة لهندسة التحكم الآلي لم تكن قد أصبحت بعد جزءاً أساسياً في مناهج الدراسة الهندسية عندما عدت إلى العمل في جامعتي في مطلع الخمسينيات . وانعكس هذا الموقف في ندرة الكتب الدرسية التي تعالج هذا الموضوع . وظل الاهتمام بهذا الفرع الوليد محصوراً ، بشكل عام ، في مستويات الدراسة العليا والبحوث : بل إن القدر الأكبر منه دخل مرة أخرى في نطاق السرية التي تحيط بالبحوث العسكرية بعد أن تلبدت سماء السياسة الدولية بالغيوم مرة أخرى بعد انتهاء الحرب بفترة وجيزة . وازداد بهذا الاهتمام بالتطبيقات العسكرية زيادة كبيرة .

وربما كانت هذه الفترة هي فترة الحضانة التي تأقلمت فيها دراسة التحكم التلقائي داخل الجامعة ، فحشدت الجهود لملء الثغرات التي خلفتها ظروف العمل الميداني في الهيكل النظري للموضوع ولإتقان العرض المنطقي المتسلسل للموضوع في قاعات الدرس والمعامل التعليمية . ولعل من أهم ما تحقق من إنجازات في ميدان التحليل النظري ، في هذه الفترة ، ابتكار ايفانز لطريقة الحل الهندسي لجذور المعادلة المميزة (Root Locus Method) في نهاية الأربعينيات[1] . وأفكار بود ونيكولز في تطوير نظرية نيكويست وأساليب تطبيقها .

وامتدت البحوث في هذه الآونة إلى مجالات لا سابق عهد بها ، مثل بحوث الأمثلية (Optimisation) والتحكم المتوائم (Adaptive Control) . ولقد كشفت هذه البحوث عن قصور التحليل الخطي بشكل حاد . وتطرق هذا بعلماء التحكم التلقائي إلى مزيد من البحث عن أساليب رياضية أفضل، فبدأ اهتمامهم بطرق مستوى الطور (Phase plane Techniques) وفضاء الحالة (State Space) وحساب التغاير (Calculus of Variation) . وتحقق في نفس هذه الفترة تقدم تاريخي حاسم في مجال الحساب الآلي وأصبح الحاسب الرقمي الإلكتروني حقيقة واقعة تفرض نفسها وتتيح للباحث أساليب رياضية جديدة تماماً مثل البرمجة الدينامية (Dynamic Programming) . وفتح الحاسب الإلكتروني لرجل التحكم التلقائي آفاقا فسيحة في التطبيق وأتى بأنواع جديدة تماما من التحكم ، مثل التحكم الرقمي (Numerical Control) الذي أصل أخيراً الكيان النظري لآلات دور الصنعة الناسخة (Copying Machine Tools) التي تتلقى الآن التعليمات بشكل رقمي عن طريق بطاقة مثقبة أو شريط .

---

(١) Evans, W.R. . "Graphical Analysis of Control Systems", Trans. AIEE, vol. 67, p. 547.

وفى أواخر الخمسينيات دخل تعليم التحكم الآلى دوراً جديداً ، وأخذت الجامعات تستحدث — الواحدة بعد الأخرى — مقررات دراسية خاصة به وحده دون غيره . وبدأ ظهور جيل جديد من الكتب المدرسية فى البلاد الصناعية شرقها وغربها وفاءاً باحتياجات أفواج الدارسين لهذه المقررات المستحدثه على مستوى الدرجة الجامعية الأولى ومستوى الدراسات العليا . ومما يلفت النظر فى هذا الجيل من الكتب التشابه الكبير بينها فى الموضوعات وطرق عرضها وفى الصبغة الإلكترونية الواضحة فيها . ولقد عانيت شخصياً عناءاً غير قليل فى محاولاتى للعثور على نص يناسب المهندس الميكانيكى حين بدأت أول دراسة رتيبة على مستوى الدرجة الجامعية الأولى عام ١٩٥٨ .

* * *

ولا مفر من أن نقرر هنا أن جامعاتنا قد تخلفت كثيراً فى إدخال هذه الدراسة فى كليات الهندسة بل إن هذا التخلف ظاهر حتى فى الدراسات الالكترونية . ولست أنكر أن هناك شواذ مشرفة لهذا التعميم الغاشم ، أذكر منها المحاولة الرائدة لقسم الهندسة الميكانيكية فى كليتكم هنا فى أواخر الخمسينيات وجهود أساتذة الهندسة الكيماوية فى جامعتى القاهرة والإسكندرية .

ولا غرابة فى هذا ، فلم يكن فى جيلى سوى أفراد قلائل درسوا التحكم التلقائى دراسة رتيبة أيام التلمذة — ولست أنا منهم على أى حال ! ! — ولم تكن حولنا صناعة تحس بأهميته ، بل على العكس كان الرأى السائد هو أن هذه المعدات لا تناسب مستوى العمل التكنولوجى فى بلادنا وأنها ستخلق فى النهاية مشكلة بطالة فى مجتمع يعيش تجربة الانفجار السكانى وهو يخوض معركة التنمية . وللحق ، كانت هنا دائماً القلة التى رأت غير هذا والتى كافحت حتى شكلت أخيراً لجنة وطنية للاتحاد الدولى للتحكم التلقائى (International Federation for Automatic Control) وإن كان هذا قد حدث فى وزارة الصناعة وليس فى الجامعة ! !

فما هى الظروف التى ينشأ فيها قسمنا الجديد اليوم ؟ هناك قلة منزوية لدراسات رتيبة للتحكم التلقائى على مستوى الدرجة الجامعية الأولى وبضع محاولات متناثرة لدراسته فى إطار الدراسات العليا ، وحفنة من المعدات وأجهزة البيان العلمى البسيطة تصلح للمراحل الأولى فى دراسة الموضوع . وهناك — فوق هذا كله ، وأهم من هذا كله — جيل جديد من شباب المدرسين انقطع لدراسة هذا الموضوع وبلغ فيه شأوا عالياً وأسهم فيه إسهاماً مشرفاً . وهذا — فى نظرى — هو أملنا فى مستقبل زاهر لهذه الدراسة التى آمنت منذ سنين طويلة بأهميتها الحاسمة فى دفع عجلة التقدم وخلق مستوى جديد تماماً للعمل الهندسى يتناسب مع مقتضيات الثورة الصناعية الثانية — بل ويخدم احتياجات الصناعات القائمة فعلا عندنا والتى تعج بكميات ضخمة من أجهزة التحكم التلقائى تثير عادة الفزع أو الدهشة فى نفوس المهندسين الذين يتعاملون معها وتدفعهم أحياناً إلى التغاضى عن عطلها والاستغناء عنها ، الواحدة بعد الأخرى .

فعلى أى نهج يا ترى يسير العمل فى هذا القسم الوحيد الذى نحتفل اليوم بافتتاحه حتى يحقق الأحلام التى طالما داعبت خيال القلة منا التى تحمست لهذه الدراسة منذ زمن بعيد ؟

من حسن الحظ أن تدريس التحكم التلقائى كان — ولا يزال — مثار اهتمام كبير فى الأوساط المعنية فى العالم . فلقد شكل الاتحاد الدولى للتحكم التلقائى ، منذ نشأته ، لجنة خاصة للتعليم نشرت فى السنين الأخيرة عدداً من التقارير الهامة حول هذا الموضوع . ولقد ظهر التقرير الأول فى يونيو عام ١٩٦٥ ولخص وجهة نظر المشتغلين بالموضوع فى سبع عشرة دولة (كانت الجمهورية العربية المتحدة من بينها) وأعد رئيس الاتحاد تقريراً ثانياً — مكملا للأول — نشر فى إبريل عام ١٩٦٦ . وفى نوفمبر من نفس العام ظهر تقرير آخر عن وسائل تحسين الارتباط بين النظرية والتطبيق فى التحكم التلقائى . وأخيراً عقدت لجنة التعليم الفرعية الخاصة بشمال غرب أوربا اجتماعين ، أولهما فى ديلفت بهولندا عام

١٩٦٧ والثانى فى شتو تجارت بالمانيا الغربية فى ابريل من العام الماضى . وناقش الاجتماعان موضوع دراسة هندسة التحكم التلقائى .

ولقد بدا لى أن خير ما اتقدم به للقسم الجديد فى هذه المناسبة هو عرض موجز لهذا الحشد من الدراسات الحديثة حتى يسترشد به المسئولون عنه فى رسم سياستهم المستقبلة . وسأورد هذا العرض على هيئة ملاحظات تحت عدد من رؤوس الموضوعات الأساسية .

١ — نظم دراسة التحكم التلقائى :

كشفت الدراسة عن وجود ثلاثة نظم لتدريس التحكم التلقائى فى جامعات ومعاهد ثمانى عشرة دولة فى العالم هى :

(ا) التخصص الكامل فى فرع رئيسى مرتبط بالتحكم التلقائى : وهذا النظام موجود فى ثمانى دول على مستوى البكالوريوس والدراسة العليا (هذه الدول هى كندا وفرنسا والمجر والهند واليابان وبولندا وانجلترا وتشيكوسلوفاكيا) . وهو موجود على مستوى الدراسة العليا فقط فى أربع دول (هى ألمانيا والنمسا وبلجيكا وهولندا) .

(ب) التخصص الجزئى : ويتم هذا على مستوى البكالوريوس والدراسة العليا فى ثمانى دول هى : فرنسا والمجر والهند وإيطاليا واليابان وهولندا وبولندا وتشيكوسلوفاكيا . وعلى مستوى البكالوريوس فقط فى دولتين (السويد وتركيا) وعلى مستوى الدراسة العليا فى ثلاث دول (ألمانيا والنمسا وكندا) .

وهناك ثلاث دول لا يجرى فيها التخصص الجزئى فى التحكم التلقائى هى (ج. ع. م. وانجلترا وبلجيكا) .

(ج) الدراسة التكميلية كلازمة للتخصصات الأخرى ويحدث هذا على مستوى الدراسة فى تسع دول (هى بلجيكا وكندا وفرنسا والمجر والهند واليابان وبولندا و ج. ع. م. وتركيا) . ويتم هذا على مستوى البكالوريوس فقط فى إيطاليا وعلى مستوى الدراسة العليا فقط فى ثلاث دول (ألمانيا والنمسا وهولندا) .

بينما لا تقدم هذه الدراسة التكميلية بالمرة فى ثلاث دول (انجلترا والسويد وتشيكوسلوفاكيا) .

٢ — الاتجاهات فى تدريس المبادىء الأساسية للتحكم التلقائى للمهندسين .

من المسلم به عموماً أن تدريس هذه المبادىء جزء لا غنى عنه فى تكوين المهندس فى غالبية التخصصات (مثل الهندسة الكهربية والميكانيكية والكيماوية والطيران والفضاء والتعدين والفلزات) ، وإن اختلف تدريسها ، بين الإجبار والاختيار ، اختلافه فى المضمون وفى عدد الساعات المخصصة لهذا الغرض .

إلا أن الملاحظ أن المعاهد التى تنحو نحو التركيز على العلوم الأساسية (كما هو الحال فى الولايات المتحدة) لا تبرز هندسة التحكم التلقائى بوضوح فى مناهجها ، بينما هى تمثل مكانا مرموقاً فى المعاهد التى تهتم بالتكوين النظرى والتكنولوجى للمهندس (كما يحدث فى الاتحاد السوفيتى وغالبية الدول الأوربية) . وتتجه هذه الأخيرة وجهة تقديم مقرر إجبارى فى هندسة التحكم التلقائى لكل التخصصات (قد لا تحتل الجوانب النظرية الصرفة مكان الصدارة فيه) تتلوه دراسة اختيارية أكثر عمقاً لحوالى ٢٠ — ٣٠٪ من عدد الطلاب . ولا يتخصص فى هذا المجال سوى ٥٪ فقط ينقطعون لممارسة العمل فيه (وهذه أرقام عميقة المغزى لقسمنا الوليد ، لعله يعيرها اهتمامه حتى يقيه هذا مأساة الإسهام فى تضخيم مشكلة المتخصصين العاطلين) .

ولعلنا ندرك جميعاً أن التحكم التلقائى لا يوجد وحده فى فراغ وأنه مرتبط فى الغالبية العظمى من الأحوال بتطبيقات معينة . ويعنى هذا وجود وظيفتين مختلفتين ومنفصلتين للعاملين فيه ؛ وظيفة الباحث النظرى ووظيفة الممارس التكنولوجى . وينعكس هذا بدوره على مضمون الدراسة لكل منهما ، إلا أنه من المهم جداً الربط بينهما أثناء الدراسة داخل المعهد التعليمى .

٣ — اتجاهات الدراسة المتعمقة للتحكم التلقائى :

توجد الدراسة المتعمقة للتحكم التلقائى على هيئة مقررات مستقلة — أو شبه مستقلة — فى البلاد التى يوزع فيها الدارسون على فروع الهندسة المختلفة أثناء فترة الدراسة للبكالوريوس .

أما فى البلاد التى توجد بها دراسات عليا رتيبة (دبلومات دراسة عليا) تأتى بعد دراسة أكثر عمومية فى المرحلة الجامعية الأولى ، فإن مقررات التحكم التلقائى على مستوى الدراسة العليا تكون مهيأة بشكل خاص لاهتمامات الدارس العملية ، أى أنها تكون أكثر تخصصاً فى التطبيق .

ومع ذلك فهناك أيضاً دراسات اختيارية — يبلغ عددها ما بين اثنتين وخمسة من مجموع عشرة مقررات أو أكثر — تأخذ صفة التعمق دون أن يصبح التحكم التلقائى تخصصاً رئيسياً فيها ويحدث هذا عادة فى دراسات الهندسة الميكانيكية والالكترونية والكهربية .

ويلاحظ أن وجود الدراسة المتعلقة فى معهد ما يصاحبه عادة ، وجود قدر من البحوث يقوم به المشتغلون بالتدريس .

ويقودنا هذا إلى موضوع الدراسة الرتيبة لما أصبح يعرف الآن باسم «هندسة المنظومات» (Systems Engineering) ولا أود أن أخوض فى هذا الموضوع الطريف الشائك هنا . ولقد اطلعت خلال زيارة قصيرة لانجلترا فى شهر ديسمبر الماضى على برامج الدراسة لدرجة الماجستير فى هندسة المنظومات فى إحدى الجامعات[1] اشتركت فى إعدادها أقسام الهندسات الكهربية والالكترونية والميكانيكية والطيران والنووية مع قسم الاقتصاد بنفس الجامعة . والمقررات الاجبارية فيها هى « أسس تحليل المنظومات » و « إعداد النماذج الاقتصادية وأمثليتها » و « إعداد النماذج الهندسية وأمثليتها » ، بينما تشمل المقررات الاختيارية التى تختلف باختلاف تخصصات الدارسين الأصلية « منظومات المعلومات بالعينة » (Sampled — data Systems) « والتحكم بالحاسب » و « المنظومات الرقمية والتصميم المنطقى » و « تحليل مسائل المجالات الكهرومغناطيسية » و « أساليب الأمثلية » .

ولكنى أود أن أبرز هنا قبل ترك هذا الموضوع الذى يكثر حوله الجدل اليوم أهمية الدراسة المتعلقة للظواهر الطبيعية التى تكون منظومات التحكم فيها محل دراسة تفصيلية ويحتم هذا ضرورة الاهتمام بتنمية قدرات الباحث على ابتكار النماذج الرياضية التى تمثل هذه الظواهر بأكبر دقة ممكنة . وسيعمل الإصرار على هذا خلق مزيد من التعاون بين مهندس التحكم التلقائى وغيره من الإخصائيين .

* * *

هذا عرض سريع وربما يكون مخلا فى نفس الوقت لواقع الحال فى تدريس التحكم التلقائى فى معاهد الهندسة فى العالم .

أرجو أن تسمحوا لى بعده بأن أختم حديثى ببعض التوصيات أضعها بكل تواضع أمام الزملاء الأفاضل أساتذة القسم الجديد ، من وحى خبرة امتدت طوال السنوات العشر الماضية فى تدريس هذا التخصص وتنشيط البحث الأكاديمى فيه :

١ — إنى أتمنى أن يحقق القسم انفتاحاً كاملا على كل الأقسام الأخرى فى الجامعة ، وأن يأخذ هذا الانفتاح أشكالا كثيرة . فقد يكون إعداد وتدريس مقررات تطول أو تقصر ، أو قد يكون الاشتراك فى بحوث معها ، أو قد يكون تقديم برامج تدريبية قصيرة خارج النطاق الشكلى للدرجات العلمية واشتراطات منحها ، أو قد يكون إسهاماً فعالا فى فرق دراسة وبحث مكونة من أكثر من تخصص واحد .

وأتمنى أن يصاحب هذا أيضاً انفتاح كامل على المجتمع الصناعى والادارى وعلى هذا الأخير بالذات . فإنى ألمس فيه اليوم مجهودات صادقة تقودها الأجيال الصاعدة فى كليات التجارة والاقتصاد لاتجاهات رياضية دقيقة فى معالجة

(١) كلية الملكة مارى بلندن .

الموضوعات وأتمنى أن يمتد هذا أيضاً إلى كليات الآداب فى وقت قريب .

٢ — إنى أتمنى أن يبدأ القسم من الان تجربة محدودة فى موضوع هندسة المنظومات حتى يكون لنا من تجربتنا الشخصية رصيد يسمح لنا باتخاذ موقف مدروس من هذا الموضوع بدلا من السير الأعشى وراء تجارب مستوردة قد لا تناسب ظروفنا . ويبدو لى أن هناك احتمالا قوياً لتحقيق نجاح باهر فى هذا المجال فى ظروف بلادنا الحالية .

٣ — إنى أتمنى أن يضع القسم نصب عينيه مسئولية أساسية وحاسمة هى إتاحة الفرصة لأجيال المهندسين القدامى الذين لم يدرسوا هذا الفرع الهام والذين يحسون — من واقع خبرتهم فى العمل اليوم — بضرورته وأهميته .

٤ — إنى أتمنى أن يمد القسم يد العون للفنيين وأن يتيح لهم فرص التعرف على أصول الحكم التلقائى . وسيجد القسم فى خبرتهم المباشرة بمشاكل التطبيق فى بلادنا خير جزاء على جهوده فى هذا السبيل . وسيتيح له هذا رؤية واضحة ودقيقة لمستوى الممارسة السائد فى بلادنا .

٥ — إنى أتمنى له ، باختصار ، أن يكون كعبة كل مهتم بالتحكم الآلى وتطبيقاته الكثيرة المثيرة أياً كان مكان عمله وأياً كان موقعه على الأرض العربية .

وأخيراً أتمنى للقسم الجديد النجاح والتوفيق ، فى الحاضر والمستقبل .

* * *

16. B. Jooul; J. Appl. Mech. Physics of Solids, 9, 69, 1961.

17. I. Mogford and D. Hull; J.I.S.I., 201 55, 1963.

18. D.P. Gregory and G.A. Rowe; P.W.A.C. 359, June 1961.

19. R. Armstrong, I. Codd, R.M. Danthwaite and N.J. Petch; Phil. Mag., 7, 45, 1962.

20. M.J. Leadbetter and B.B. Argent; J. Less Common Metals, 3, 19, 1961.

21. J. Heslop and N. J. Petch; Phil. Mag., 1, 866, 1956.

22. A.H. Cottrell, N.P.L. Conference on the relation between the structure and mechanical properties, January, 1963, p. 455.

23. Wormer Koster and H. Franz; Met. Rev., 6, 1, 1961.

24. J.W. Rawson; M. Met thesis, Sheffield, 1961.

25. M. Hansen and K. Anderko; Constitution of binary alloys, McGraw Hill, 1959.

26. A.E. Dwight; Columbium Metallurgy, Interscience, 1960.

27. M. Simchyshen and R.G. Barr; Symposium on refractory metals and alloys, Intersciience, 1961.

28. A. Kelly and R.B. Nicholson; Precipitation hardening Progress in Naterials, Science, Vol. 10, No. 3, 1963.

29. P.A. Flinn; Strengthening mechanisms in solids, AèS.M., 1962.

30. N.T. Mott; Imperfections in nearly perfect crystals, John Wiley and Sons, 173, 1952.

31. C.R. Tottle; J.I.M., 85, 375, 1956.

32. A.H. Cottrell; Dislocation and plastic flow in crystal, Oxford Press.

33. W.B. Pearson; Handbook of lattice spacing and structures of metals and alloys, Pergamon Press, 1958.

34. R. T. Begley, W. N. Platte, A.I. Lewis, R.L. Ammon; W.A.D. (CTR), 344, PTV, 1961.

35. R.L. Fleisher and W.R. Hibbard; N.P.L. Conference, January 1963, 262.

36. H. Conrad and G. Shoeck; Acta Met., 8, 791, 1960.

37. H. Conrad; N.P.L. Conference, January 1963, 559.

38. R. P. Powers and M. V. Doyle; J. Appl. Phys., 30, 514, 1959.

39. R.P. Elliot; Trans. A.S.M. 52, 990, 1960.

40. A.V. Seybolt; Trans. AIME, 200, 745, 1960.

41. E.T. Wessel, L.L. France and R.T. Begley; Columbium Metallurgy Intersceience, Pub. 1960.

42. R.P. Carracker and R.W. Gtard; Trans. A.I.M.E. 206, 178, 1959.

43. J.W. Pugh; Trans. A.S.M., 47, 984, 1955.

44. S.A. Bradford and O.N. Carlson, ; Trans AIME, 224, 738, 1962.

45. A.A. Johson Phil May 4, 194, 1959.

46. H. Conard N.P.L. Conference (Jan 1963), 476.

the specimens by interstitial elements has been reduced to a very low level and a relatively large grain size dependence (ky) has been observed. The low values of ky reported in the literature appear to be due to the pick up of interstitial elements during the heat-treatments used to establish the larger grain sizes.

Of the different purities of niobium investigated, all had similar values of ky, and the effect of contamination by interstitial elements, during high temperature heat-treatment, in reducing the apparent value of ky, has been demonestrated.

(ii) The yield stress of niobium is strongly temperature dependent. When the yield stress values are expressed as the difference between the yield stress at temperature T and the yield stress at room temperature, it is found that materials of different purities, within the temperature range —200°C to 300°C have the same temperature dependence. The behaviour of niobium is similar to that of iron, the interstitial impurities giving a temperature-independent contribution to the yield stress.

Below room temperature, the behaviour of the flow stress, at some constant strain was independent of interstitial impurities. Above 100°C, the less pure materials showed ageing peaks, but in the purest material obtained, the flow stress decreased continuously with rising temperature throughout the temperature range investigated. The ageing peaks were associated with marked serration on the load elongation curve.

(iii) In the purest niobium, it was not found possible to restore the yield point by ageing after straining. In the less pure materials ageing after straining restored the yield point and also raised the general level of the flow stress curve. It was concluded that oxygen plays the major part in the yield point phenomenon observed in niobium.

(iv) Molybdenum is a potent strengthener of niobium; additions up to 10 wt. % raise the yield stress and the tensile strength by about 4000 p.s.i. per one per cent. The ductility (total elongation) was not markedly reduced by the molybdenum addition. The magnitude of the strengthening effect is comparable with that predicted by the Mott and Nabarro formula. The effect of other alloying additions reported in the literature is difficult to assess in this way because of the varying amount of interstitial alloying elements present.

REFERENCES

1. A.H. Cottrell; Trans. AIME, 212, 192, 1958.
2. N.J. Petch; J.I.S.I. 174, 25, 1953.
3. M.A. Adams; A.C. Roberts and R.E. Smallman; Acta Met. 8, 328, 1960.
4. A.T. Churchman; J.I.M., 88, 221, 1960.
5. B.A. Wilcox and R. A. Huggens; J. Less Common Metals, 2-4, 292, 1961.
6. A.A. Johnson; Acta Met., 10, 975, 1962.
7. T. C. Lindley and R. E. Smallman; Acta Met., 6, 626, 1963.
8. R.P. Evans, A.F. Weinberg and R.J. Van Thyne; Acta Met., 2, 143, 1962.
9. R.P. Evans; J.I.M., 92, 57, 1963.
10. W.S. Owen, A. Gilbert and C.N. Reid; J. Less Common Metals, 4, 399, 1962.
11. W.S. Owen, A. Gilbert, C.N. Reid, D. Hull and I. McIvor; W.A.D.D. (T.R. 61-181), 168, 1961.
12. D. McLean; Mechanical Properties of Metals, John Wiley pp 218, 1962.
13. M. Adams; A.E.R.E., M/R 2604, 1958.
14. M.J. Leadbetter; M. Met. thesis, Sheffield, 1960.
15. L.J. Van Torne and G. Thomas; Acta Met., 11, 881, 1963.

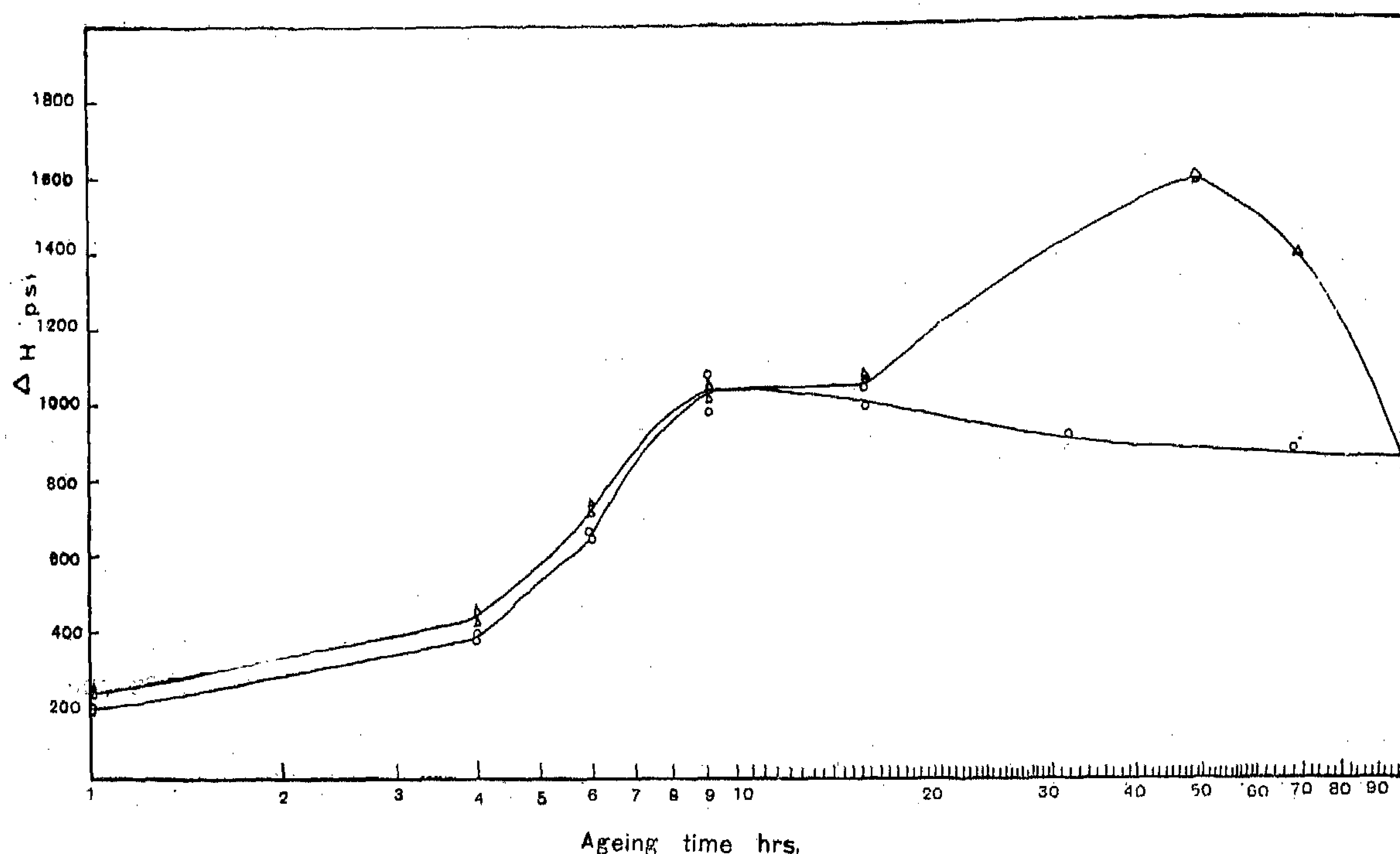


Fig. 12. — Increase of strain age-hardening with time in niobium. All specimens strained 5% before ageing at 135°C.

On the onset of yielding dislocations are few, and therefore they are moving much faster than the oxygen atoms can diffuse at this temperature, and therefore they cannot catch up with the dislocations. As the density of dislocations increases due to multiplication, their average velocity decreases, and the oxygen atoms may move at a velocity comparable to that of the dislocations and maximum drag will occur. The decreases in strain rate sensitivity observed only after some strain (24, 41, 42, 43, 44) is a good support to the previous arguments. This argument, however, depends upon the validity of Elliot's (39) determination of the solubility of oxygen in niobium.

Strain Ageing :

The results of ageing niobium R_1 and U are plotted in figure 12. The specimens were strained 5% in elongation prior to ageing at 135°C. The hardening occurring during ageing H was measured by extrapolating the load elongation curve after ageing back to the value of strain given to the specimen before ageing.

From the complex shape of the ageing curve in figure 12 it is probable that more than one interstitial is involved in the ageing process of Niobium U. The principal difference between the interstitial contents of R_1 and U is in carbon and nitrogen. U contains 50 ppm carbon and 70 ppm nitrogen while R_1 contains 25 ppm carbon and 13 ppm nitrogen. From the analysis of R_2 and from the fact that after ageing the specimens began deforming after straining and ageing at the exact load from which they were unloaded prior to ageing, one can conclude that 20 ppm nitrogen and 35 ppm C were not enough to cause strain ageing or strain age hardening in niobium. Further, the second peak that occurred on strain ageing niobium U is most likely due to nitrogen, rather than to carbon, since the concentration of nitrogen is higher relative to that of R_1 or R_2.

CONCLUSION :

(i) The yield stress of niobium is a linear function of the inverse square root of grain diameter. In the present work, in which the different heat-treatments were carried out in the presence of zirconium, contamination of

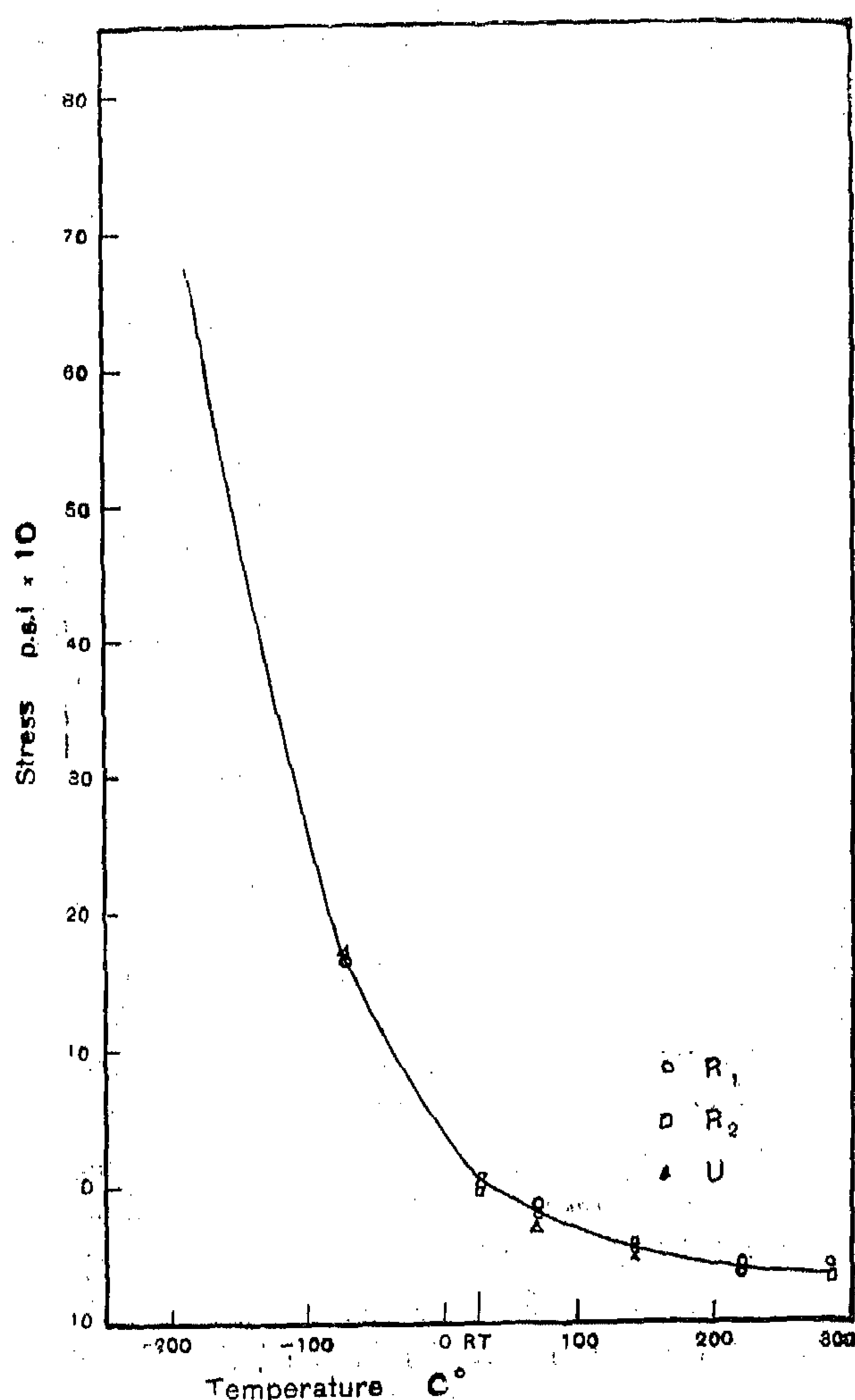


Fig. 11. — Normalized temperature dependence of flow stress for niobium R_1, R_2 and U.

From table 2 we find that :—

1. The oxygen content of R_1 and U was more than 100 ppm while that of R_2 was 6 ppm.

2. The nitrogen content of R_2 which did not strain age or show any abnormalities in its tensile behaviour, was 17-21 ppm, while that of R_1 which was similar in behaviour at 280°C to U, had 12-13 ppm, i.e. the nitrogen content of R_1 was less than that of R_2.

3. The carbon content of R_2 was 35 ppm while that of R_1 was 25 ppm, i.e. the carbon content of R_2 which did not strain age was higher by 10 ppm.

Since both R_1 and U showed serrated yielding and both had higher oxygen, and R_1 did not have higher nitrogen and carbon than R_2, one can conclude that serrated yielding is associated in niobium with oxygen. It also follows that the increased flow stress and work hardening and the decrease in total elongation arise from the same cause.

When one applies the Cottrell equation for serrated yeilding, one finds that, at the applied strain rate of 1.329×10^{-4} sec^{-1} by taking the activation energy of oxygen (2700 Cal/mol) from Powers' and Doyle's data (38), the temperature at which serration in stress strain curves due to oxygen would occur at 257°C. This calculated temperature is in agreement with the observed experimental value of 220°C to 280°C. We also note the corresponding temperatures for carbon and nitrogen 357°C are rather higher than any temperature at which serrated yielding was observed.

The curves in figure 8 show that in R_1 and U, where oxygen caused strain ageing, a peak was observed only in the plot of flow stress at 5 % and 10 % strain while there was no similar increase in the plot of their lower yield stresses. The question arises as to whether this increase in flow stress is due to precipitation during deformation, or is due mainly to drag of the oxygen atoms on dislocations.

According to the published data (39, 40), the solubility of oxygen at 280°C (by extrapolating Elliot's (39) results from 500°C) is about .13 wt. % (i.e. 1300 ppm). Naturally the error in extrapolation is admitted but since Elliot determined the solubility down to 500°C, the error is unlikely to be more than an order of magnitude. Further, while it is true that the atoms may cluster around dislocations, which promotes precipitations, it seems unlikely that this could happen when all the dislocations are in motion and the atoms are constantly moving, unless the rest energy of an interstitial atom in the field of the dislocation was higher than the diffusional energy of that atom. However, the agreement between the equation relating strain rate and the activation energy for diffusion of interstitials observed before (41) by other workers and in this work, makes one believe that the process of strengthening is more related to the dynamics of motion of interstitials and dislocations, than to precipitations on dislocations.

Figure 10 shows a plot of the uniform elongation for specimens of R_1, R_2 and U plotted against temperature. The variation of work hardening coefficient from figure 9 is also plotted against temperature in the same figure.

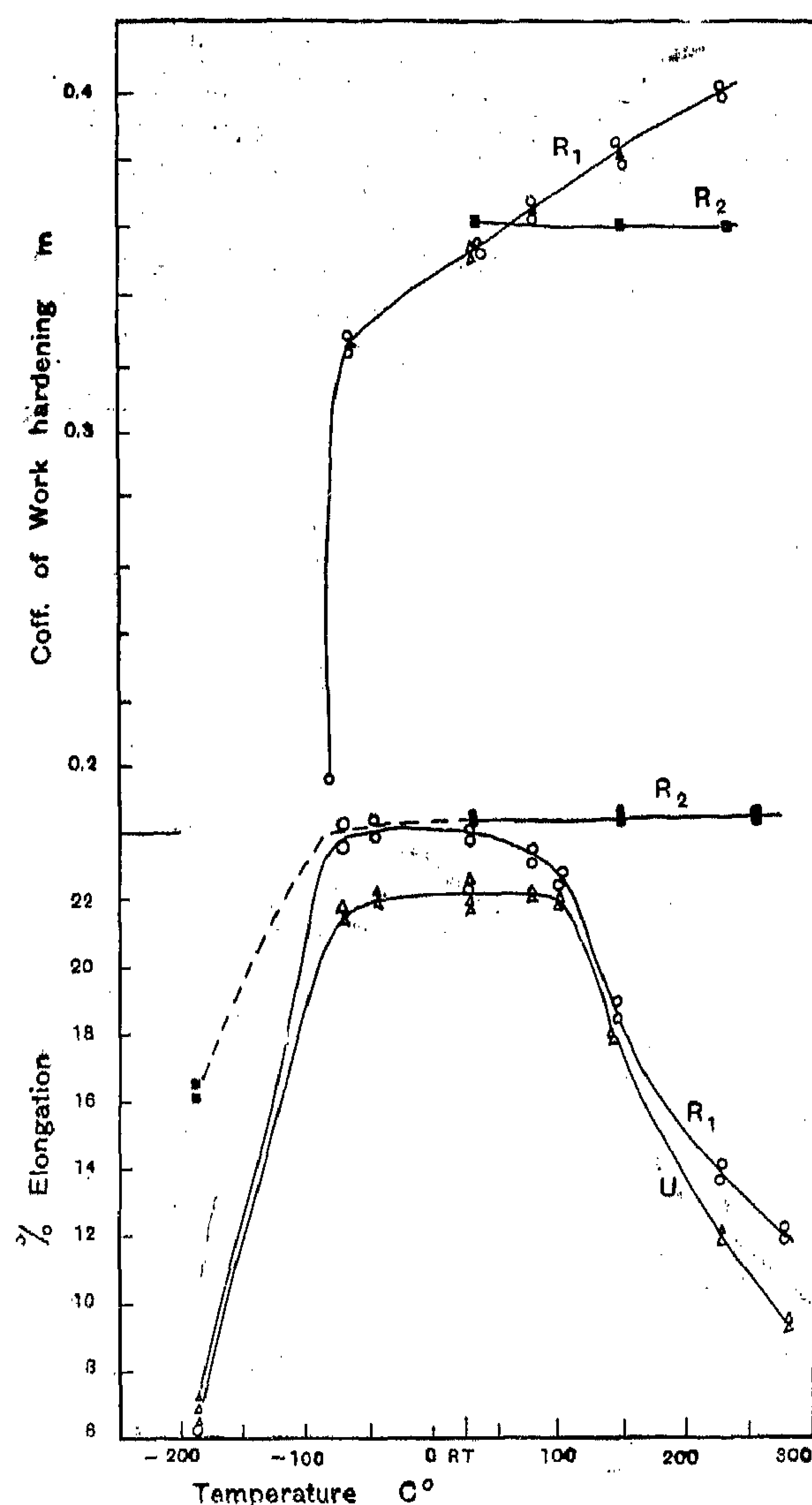


Fig. 10. — Variation of the coefficient of work hardening and uniform elongation with temperature in niobium R_1 and R_2.

Various authors (3, 32, 90, 98) have attributed the decrease in yield stress with increase in temperature as due to a decrease in the friction stress. Temperature had little or no effect on locking strength (21, 22, 36). Therefore one can, by taking the difference between the yield stress at any temperature and the yield stress at any arbitrary reference temperature (20°C for example), obtain the increase or decrease in friction stress with temperature.

i.e.

$$\sigma y_{t_1} = \sigma_{t_1} + \sigma_1 + kyd^{-1/2}$$
$$\sigma y_{t_2} = \sigma_{t_2} + \sigma_1 + kyd^{-1/2}$$

Then

$$\sigma y_{t_1} - \sigma y_{t_2} = \sigma_{t_1} - \sigma_{t_2}$$

This will be valid, because if there was any slight temperature dependence in ky, it will be very small compared to the increase or decrease in σ_1.

Applying this technique and taking 20°C as the reference temperature, the curve in figure 11 was obtained.

It can be seen from this plot that most of the observed increase or decrease in yield strength with reduction or elevation of testing temperature was due to variation in the temperature dependent part of the friction stress.

From figure 8 one can see that the flow stress after some strain does not decrease equally for the tyree purities of niobium at temperatures higher than room temperature. The results show that at temperatures of 220°C up to 280°C, R_1 and U exhibited an increase flow stress while R_2 after 5% or 10% strain did not. The work hardening coefficient for R_1 increased steadily from room temperature to 280°C, while for R_2 the work hardening coefficient at 280°C did not alter murh from its room temperature or 135°C value. Also from figure 10 one can observe that uniform elongation decreased with increase in temperature for specimens of R_1 and U and it did not alter in R_2. As we have mentioned before serrated yielding was observed in the range 220°C — 280°C in R_1 and U and it was not observed in R_2.

All the previous observation must be due to interstitial effects, and one can deduce from the gas analysis given in table 2, the element causing it.

At 280°C the flow curves for R_1 and U specimens showed some irregularities in the load elongation curves. The serrations in specimens of U were more prominent than those of R_1. The total elongation dropped markedly at this temperature, reaching 14 % for R_1 and about 12 % for specimens of U.

At 280°C the behaviour of R_1 and U were different from that of R_2, which was purer than either (R_2 contained only 6 ppm O_2, 20 ppm N_2, and 35 ppm C). The flow curves of R_1 and U at 280°C were serrated and uniform elongation dropped further to values of 12 % and 9 % respectively. The load elongation curves for R_2 were quite smooth at this temperature. Increasing the test temperature to 280°C had only the effect of decreasing the load at which macroscopic yield started. The uniform elongation at 280°C for R_2 was similar to that which the specimens of R_2 exhibited when tested at 135°C or 20°C.

The yield stress as functions of temperature is plotted in figure 8 for the three types of material. The values of true stresses after 5% and 10% strain are also plotted in the same graph against temperature.

Figure 9 shows a plot of log true stress versus log true strain for specimens of R_1 at different temperatures. The anomalies at small strain tend to disappear as the temperature increases.

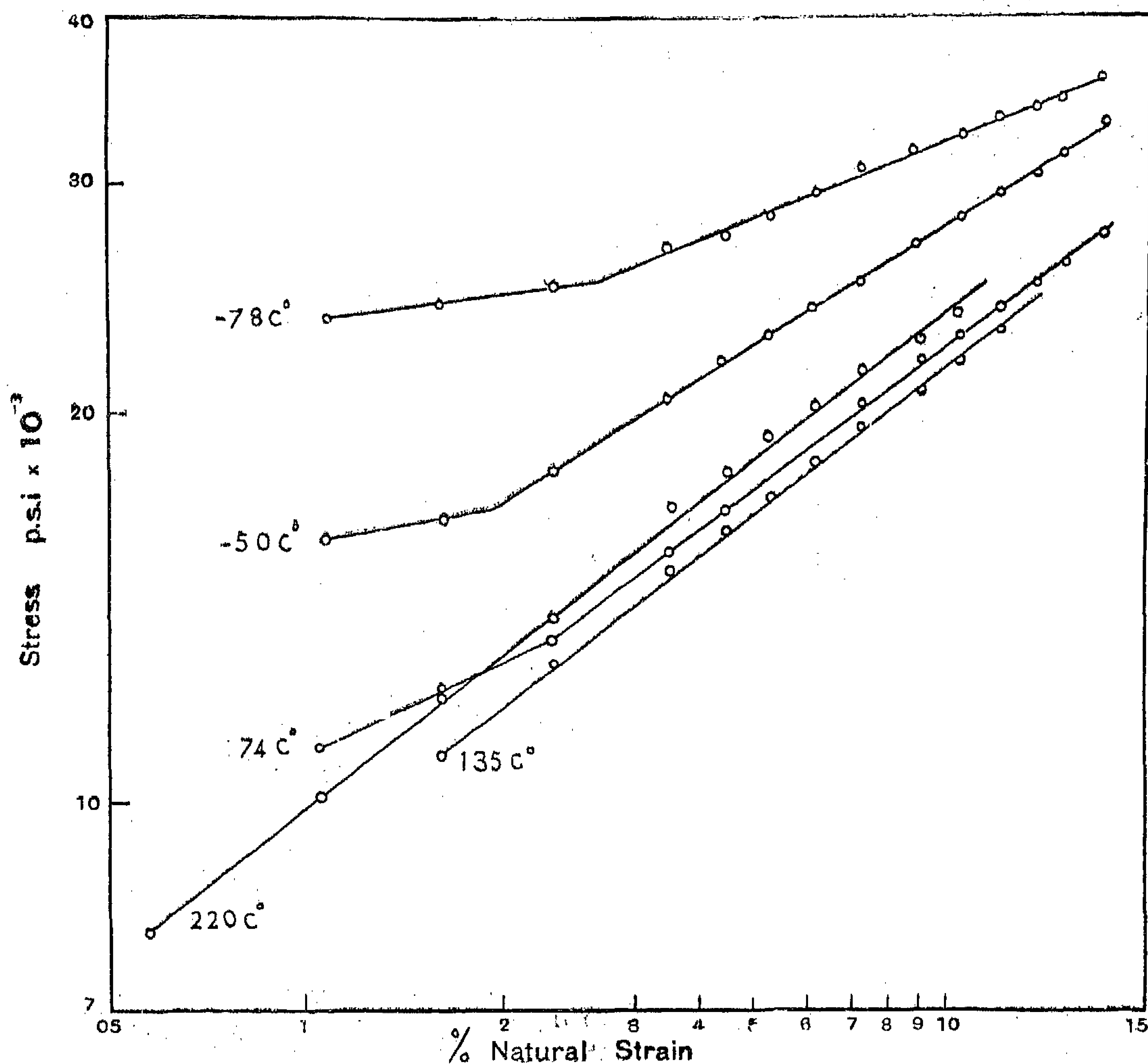


Fig. 9. — Variation of work hardening coefficient with temperature in niobium.

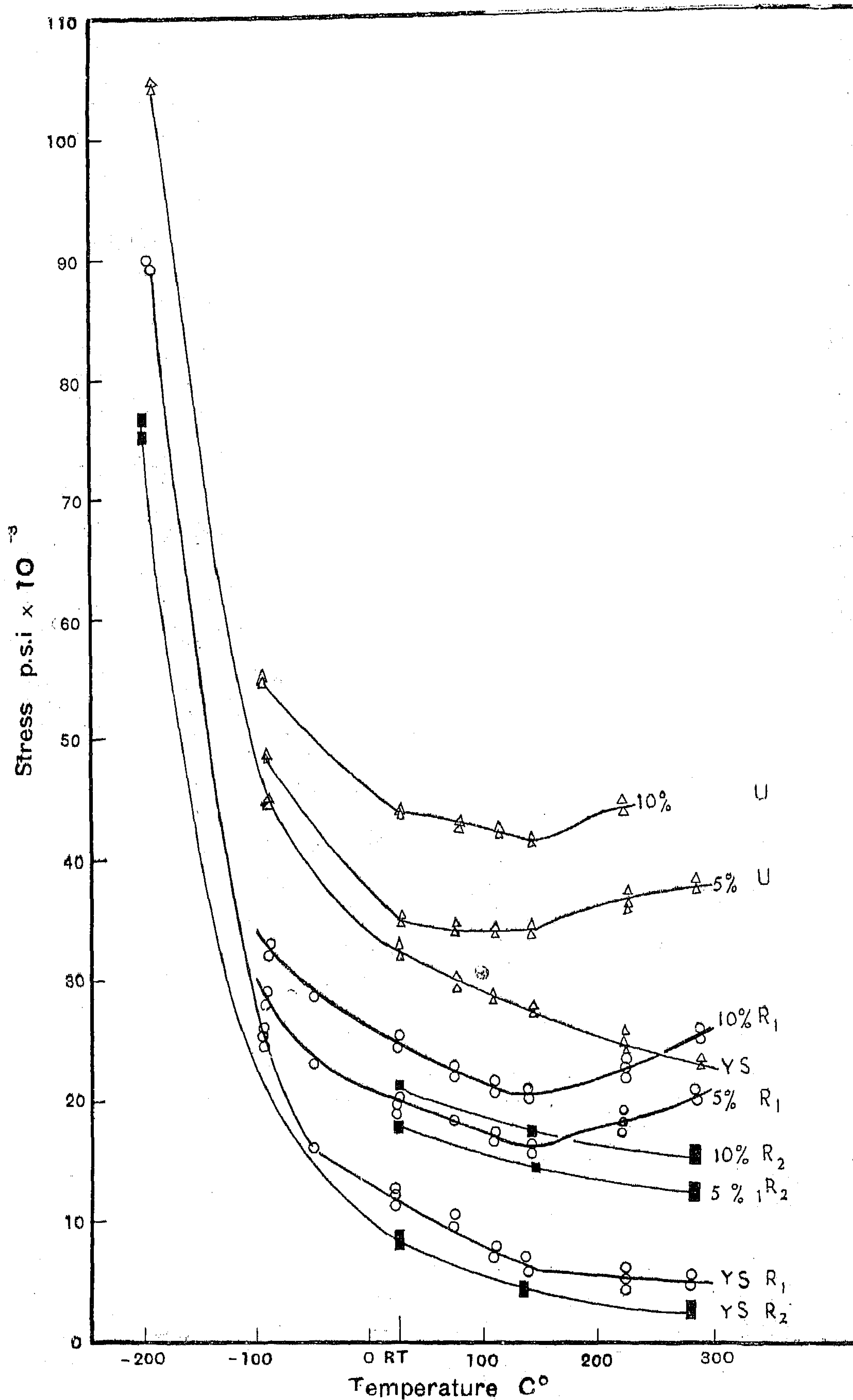


Fig. 8. — Variation of yield stress and flow stress with temperature in niobium R_1, R_2 and U.

Alloying Element		σ (calculated)	σ (experimental)	Reference
Mo	.044	7.2	15.5	34
Ta	.001	.019	.945	34
Zr	.07	13.9	3.5	34
Ti	.013	1.392	7.2	34
V	.004	.38	47.4	34

frictional stress due to 5 at wt. % Mo would be

$$\sigma = 2.5 \times 37730 \times .01545 \times .05$$
$$\sigma = 7.2 \text{ kg/mm}^2.$$

i.e. the frictional stress in tension = 10200 p.s.i. which is of the order of one half of the increase in the yield strength of niobium on adding 5 at. % Mo. The experimental value is about 22000 p.s.i.

It is observed that the theory predicts the linear increase of strength with concentration observed in Figure 6. The slope of line da/dc is 310. kgs/mm² which is again about twice the theoretical value (144 kg/mm²).

Rawson results on a Nb 5 at. % Mo also show an increase in friction stress which is about half the friction stress just calculated from the Mott Nabarro equation.

Mott's formula usually gives theoretical values which are considerably higher than the experimental results (Cottrell (32)), and the discrepancy observed in the present work is relatively small and of opposite sign. In the table below the values of the predicted stress increment due to 5 at. % addition are compared with the experimental value taken from the literature. The values of ε are obtained from the data — given in Pearson (33). Whilst there is rough agreement for Mo, Zr and Ti, the predicted values for Ta and V are seriously in error. Undoubtedly the different interstitial contents of the various alloys make any useful conclusion impossible.

Flinn (29) has shown that a plot of the lattice parameter increment against yield stress increment for Begely's (34) data gives a very wide scatter and again no useful conclusions were made. The more sophisticated treatment of Fleisher and Hibbard (35) leads to a relationship of the type σ proportional to $C^{1/2}$, which is not observed in the present work.

The Effect of Temperature :

Tensile tests were carried out on zone refined niobium R_1 and unrefined niobium U at a constant strain rate of 1.329×10^{-4} sec^{-1} in the temperature range of —198 to 280°C. A few tests were carried out on the zone refined niobium R_2 at —198°C, 20°C, 135°C and 280°. At —198°C both R_1 and U had a total elongation of 6%. Specimens of R_2 had a total elongation of approximatley 16%.

At — 78°C and —50°C larger yield drops than normally observed at room temperatures occurred. The Luders extensions were also large at these temperatures reaching 1.5% for R_1, as compared with 0.7% at room temperature and approximately 7% for U, which had a Luders strain of approximately 4 % at 20°C. The large yield drops at these low temperatures are more likely to be associated with difficulty in cross slip of dislocations, than increase in locking strength. In annealed specimens dislocations are strongly locked (22) and various investigators have shown that ky is not altered with decrease in temperature in iron (21, 22, 36), which has a ky higher than niobium.

At temperatures of 135°C there were no abnormalities or serrations observed in the load elongation curves of specimens of R_1, R_2 and U.

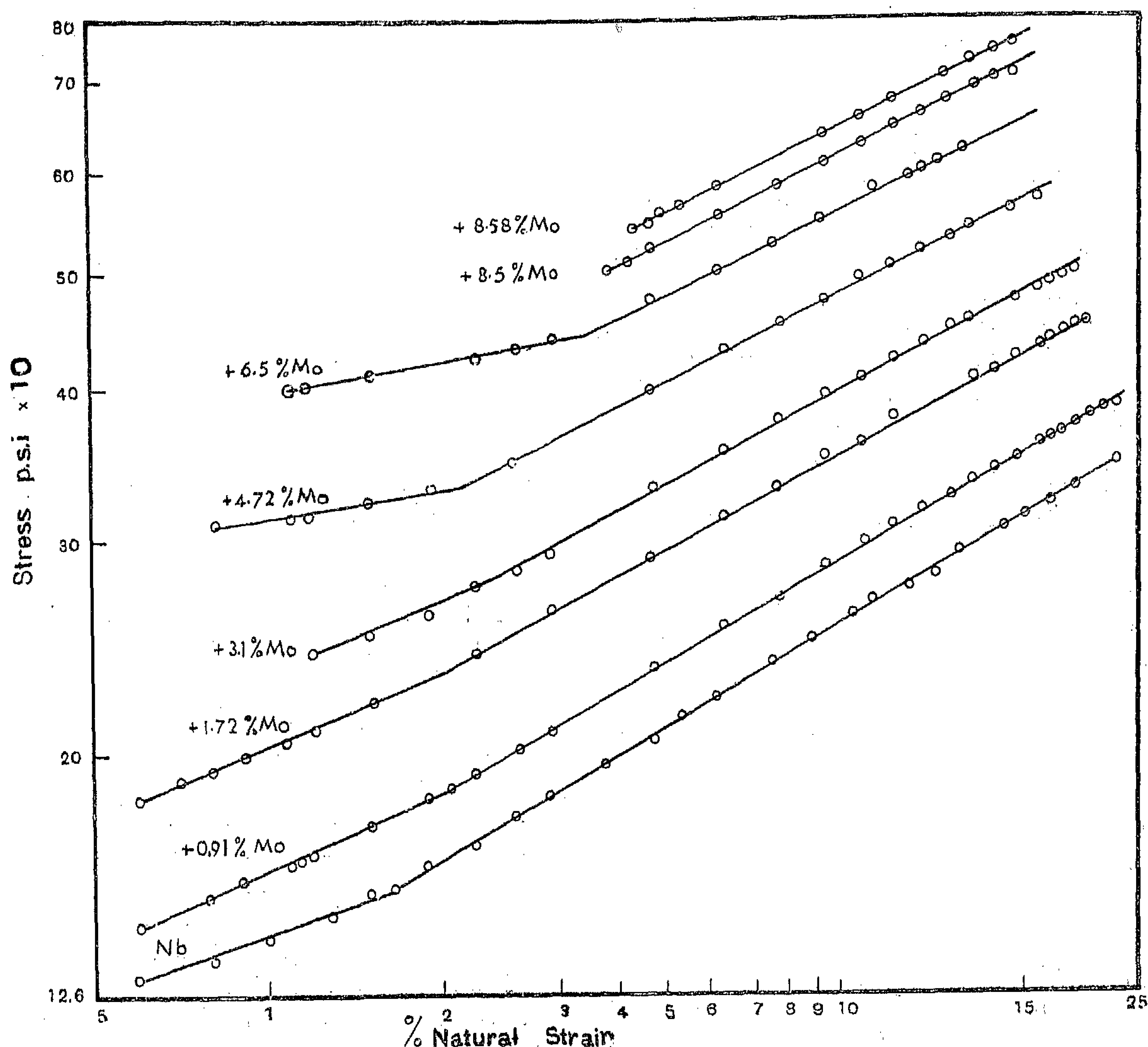


Fig. 7. — Independence of the coefficient of work hardening on the molybdenum content in Nb-Mo alloys.

due to the lattice distortion resulting from the misfit of the solute atom. Substitutional solute atoms are expected to either expand or contract the lattice since it is unlikely that they will fit perfectly. Interstitial solute atoms such as oxygen or nitrogen generally distort the lattice more than substitutional atoms and are correspondingly more bound to dislocations. This agrees with the early observation (31) that oxygen is a far more potent alloying element than many metals which enter into solid solution in niobium.

A theoretical calculation of the strengthening effect would be liable to error because the strengthening effect due interstitials would not be taken into consideration. However, Mott (30) gives a formula for the increase in friction stress due to solute elements. According to Mott the internal stress due to solute causing a misfit ε equals :

$$\sigma = 2.5\ G\ \varepsilon^{4/3}\ C$$

where C is the fractional atomic concentration and ε could be calculated from the change in lattice parameter using the equation

$$\varepsilon = 1/a\ da/dc$$

The data of Simchyshen (27) gives da/dc = .1437. The shear modulus of niobium (23), G, is 3730 kg/mm². Therefore the increase in

of the original material in the tensile specimens. The results of yield stresses are plotted against molybdenum content in figure 6. There are also included in the same plot the results of Rawson (24) on an alloy Nb-5% Mo represented with squares. It can be seen from Figure 6 that the yield strength of niobium increases linearly with molybdenum content.

The system Nb-Mo (25) exhibits complete solid miscibility at high temperatures, however the question of the existence of low temperature compounds is not yet resolved (26).

Simchyshen and Barr (27) have measured the lattice parameter of molybdenum with additions of Nb up to 75.8% Nb. They obtained

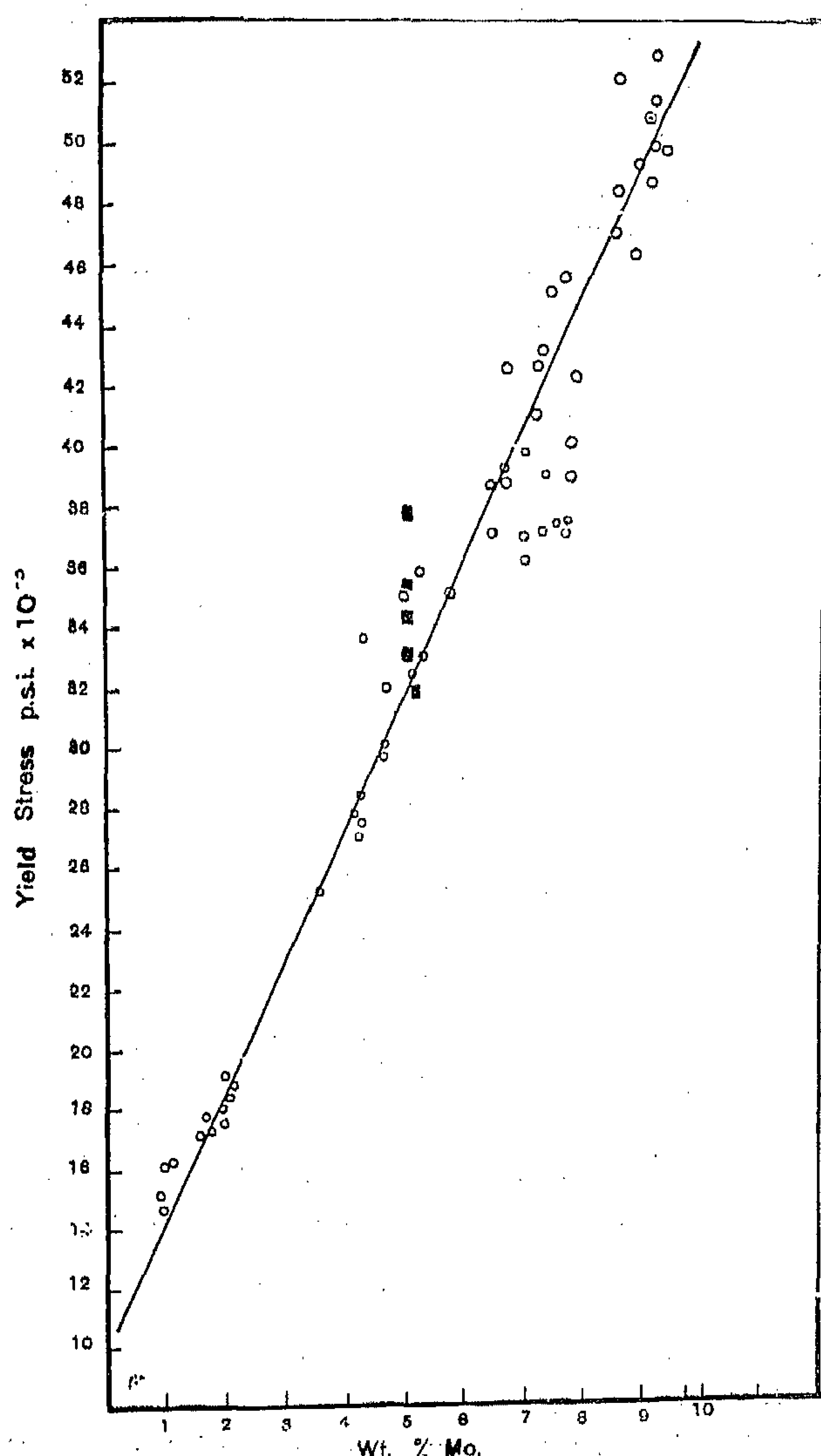


Fig. 6. — Increase in yield stress with molybdenum content in niobium molybdenum alloys.

a linear relationship between the lattice parameter against composition for Mo-Nb system.

The gas analysis of the alloys investigated in the present work show that the interstitial content was very small and therefore the hardening observed, due to molybdenum, will be associated with solid solution strengthening, rather than due to changes in the distribution of fine precipitates.

The plot shown in figure 7 of the logarithm of true stress against the logarithm of natural strain indicates that the work hardening coefficient does not alter with molybdenum addition, and only the strength constant increases with increase in molybdenum content. This supports to some extent that the strengthening effects is not due to fine dispersion of oxides or nitrides of molybdenum. Polycrystalline (28) specimens of an alloy which is a true solid solution usually show a stress-strain curve very similar in shape to that of the pure metal. The yield stress is raised on adding an element in solid solution, but the rate of work hardening is not greatly affected, so that the stress strain curves of the pure metal and of the solid solution run approximately parallel. This behaviour is found only when the temperature is low so that the rate of work hardening of the pure metal is not reduced by any recovery effects, which are retarded by alloying. On the other hand a polycrystalline aggregate containing a dispersion of an intermetallic compound or small noncoherent particles of another metal, work hardens initially much more rapidly than does the matrix material without a dispersion. After few per cent strain, the rate of work hardening of the material containing the dispersion falls off, and the stress strain curves become approximately parallel, to that of the parent material. One would be justified, therefore, to assume that the strengthening effect of molybdenum was due to solid solution hardening, especially since the interstitial content is relatively small.

A mechanism for solid soultion hardening 29,30 arises from the elastic interaction between the stress field of a dislocation and the stress field

relaxed slip band to create dislocation immediately on the other side of the grain boundary, than it is to unpin dislocations further away in that grain thus $ky = 2 \sigma_c l_c^{-1/2}$ for strong pinning and $ky = 2 \sigma_p l_p^{-1/2}$ for weak pinning.

In steels a limiting value of ky = 2.2 kg $mm^{-3/2}$ is obtained on a wide range of soft iron and steels irrespective of composition, heat-treatment and other mechanical properties (22). A relaxed slip band at a grain boundary can create dislocations in the next grain if at l = 10 atomic spacings, it produces a stress $\sigma_c = E/25$. Then, with $\sigma_c = 800$ kg mm^{-2} and $l_c^{1/2} = 1.6 \times 10^{-3}$ mm^2 Cottrell obtains ky = 2.6 kg $mm^{-3/2}$ for steel.

The present results agree reasonably well with Cottrell's views, both niobium U and R_1 had the same grain size dependence despite the fact that they were of different purity. Heat or mechanical history did not have an effect on the ky. Applying the same assumptions which Cottrell adopted for iron, one can estimate ky for niobium. The Young's modulus of niobium (23) is 10600 kg mm^{-2} which gives a $\sigma_c = 10600/25$ kg mm^{-2}. If dislocations were created at a distance 10 atomic spacings from a grain boundary, the theorectical value of ky of niobium would be approximately 1.3 kg $mm^{-3/2}$. This calculated value is very near the experimental values obtained in this work (1.13 and 1.01 kg $mm^{-3/2}$.)

When one applies the Cottrell hypothesis to other refractory metals we find that for molybdenum the theoretical ky equals approximately 11 kg $mm^{-3/2}$ while the reported value of Johnson (45) is 5.7 kg $mm^{-3/2}$ for tantalum the theory gives ky 2.4 kg $mm^{-3/2}$ which is much greater than that which Owen et al (11) reported 0.55 kg $mm^{-3/2}$. Smallman (7) reports a value of 0.33 kg $mm^{-3/2}$ for ky of vanadium, and the Cottrell hypothesis, when one applies it gives a value of 1.25 kg $mm^{-3/2}$. It may be, therefore, that the agreement of the present results with the Cottrell hypothesis was coincidental, or it is possible that for vanadium and tantalum, contamination has occurred during annealing. This would agree with the fact that the theorectical values are all higher than the experimental values.

The results in figure 5 show that the niobium molybdenum alloys exhibited a small grain size dependence than niobium. This is unexpected but it may be due to the fact that few specimens were tested and the coarse grains picked up 50 ppm oxygen more than the fine grains. There is no other plausible explanation one can offer for this decrease in ky.

The plots in figure 3 show that the value of σ_o for either niobium U or R_1 had the same grain size as after 5 % strain and that for material U, the flow stresses after strains of 5, 7.5 and 10% had a smaller grain size dependence than the lower yield stress. The slope of σ_o or after 5 % strain of R_1 had the same grain size dependence as the low yield stress.

The fact that σ_o showed the same grain size dependence as at other strains is not surprising, since the value of σ_f is calculated on a rising stress strain curve while σ_o is calculated from an extrapolation of the same stress strain curve back to the elastic line.

The difference between a slope of $\sigma_y - d^{-1/2}$ plot and the slope of $\sigma_f - d^{-1/2}$ is due to the Luders strain. In fine grain specimens, while a specimen is still deforming at a constant stress σ_y, a coarse grain specimen would be already strain hardening, which makes the latter compensate by strain hardening, the difference in yield stress due to the decrease in grain size. In the case of R_1 the range of grain sizes tested were all below the size where large Luders strains were observed; therefore fine and coarse grain specimens strain hardened equally.

One can conclude that the present results show that niobium had a reasonable grain size dependence which is unaffected by heat-treatments or previous mechanical history. Special care has to be taken to obtain the true grain size deependence.

The strengthening of niobium by Molybdenum additions :

In the present work alloys of niobium with molybdenum were zone melted and swaged at room temperature, thus retaining the purity

Smallman et al (7) attribute the small grain size dependence they obtained on pure niobium to variation in ky with grain size. When they examined the different grain sizes obtained by annealing in the range of 1075°C to 1450°C, substructures were observed in the low temperature anneals but precipitation on dislocations was not observed. When they calculated their ky values by the extrapolation technique they found that ky increases as the grain becomes coarser. They therefore accounted for the small ky obtained from their Petch plot as being due to insufficient interstitial to lock the dislocations to their fullest extent in the fine grains, while in the coarse grains, where the density of dislocations was less, the dislocations were strongly locked. When one notes that the niobium they used contained 100 ppm oxygen, 20 ppm nitrogen and 25 ppm carbon, one can hardly see that substructures could really influence the locking strength, especially when one notes that the various grain sizes obtained in the Petch plot of R_1 had different thermal and mechanical history. This, besides the more general comment that one can make, namely, that strength of locking does not depend on the concentration of solute, above some very small amount, possibly a few parts per million, but on its type, and once there are enough interstitials to cause locking in annealed metals, further increase in interstitial concentration in solid solution mainly increase σ_0 but have no effect on ky (21).

Maclean (12) notes that, when a range of grain sizes are obtained by varying the heat treatment given to the specimen, the distance, 1 of a source from the head of a slip band may alter. If the source lies in an adjacent grain boundary, or the nearest particle of inclusion or precipitate, 1 probably does not alter appreciably with heat-treatment. But if the source is a part of a three dimension dislocation network, 1 will be altered by changes in annealing temperature. He therefore took the very small ky of niobium as an example of a material in which 1 alters in the same ratio as the grain diameter, thus leading to a horizontal line.

The present results exclude such a possibility. In U some of the coarse grain sizes ($d^{-1/2}$ 4-5) were obtained either by straining and annealing at 1400°C, or by annealing specimens that had cold work 79% R.A., at 1650°C, and the value of the lower yield stresses for both types of specimens falls within the scatter of the plot. Further, from the fact that the various points on the Petch plot, in figure 3 of either R_1 or U, represent specimens of different thermal and mechanical history, one is inclined to believe that in annealed metals, the distance of a source from a slip band does not alter with previous thermal or mechanical history, and if it alters, it would hardly have an effect on the grain size dependence of noibium.

Therefore once can safely conclude that most of the very small grain size dependence observed before was due to variation in σ_0 due to pick up of interstitials at high annealing temperatures rather than due to variations in ky.

The slope ky in a Petch plot has been regarded as a measure of the locking strength; however in view of the recent theories of dislocation multiplication and other evidence (22), unpinning of dislocation is not a necessary condition for the occurrence of a yield point.

In polycrystalline materials dislocations can also be created at stress concentrations, and yielding will occur when the number of yielded grains is enough to form a Luders band across the specimen to provide the plastic strain at the applied strain rate.

According to Cottrell if σ_i is the tensile friction stress which opposes the motion of a mobile dislocation in a grain, d is the grain diameter and σ_u is the stress needed in the next grain at a distance 1 from the boundary to make this grain yield then the stress concentrated at the distance 1 beyond the tip of a band is then about $(\sigma_y - O_i)$ d/41 and when this equals σ_u the next grain yields. The Petch equation $\sigma_y = \sigma_i + kyd^{-1/2}$ with ky = 2 O_u $1^{1/2}$ then follows. When pinning is strong, as in well annealed metals, it is easier for the localised stress concentration at the end of the

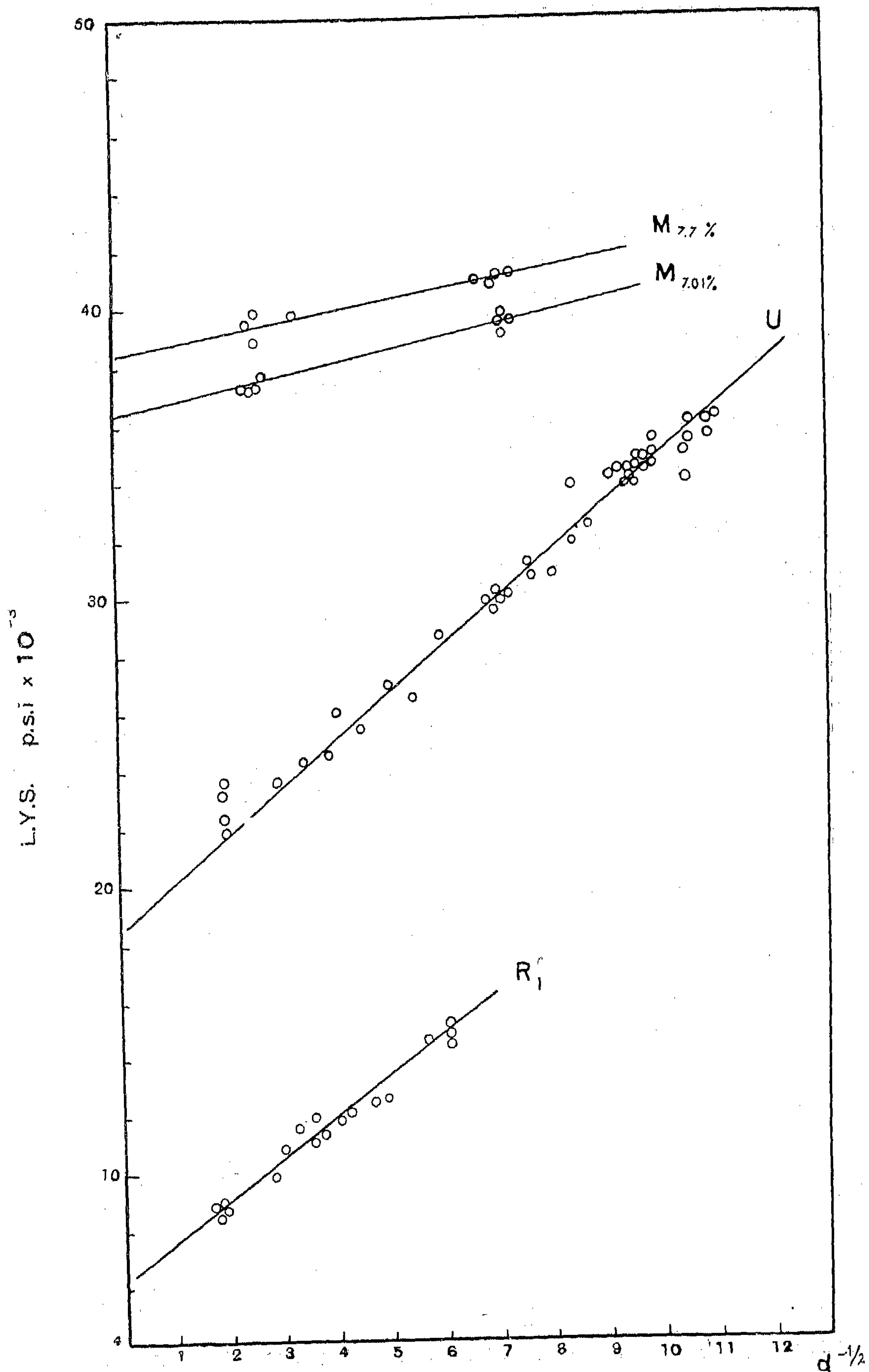


Fig. 5. — The effect of molybdenum content on grain size dependence.

TABLE 3 : VALUES OF KY FOR NIOBIUM

Ky kg. mm-3/2	σ_0 kg. mm2	Reference
0.13	7	Adams (3)
Zero	9	Johnson (6)
0.11	12.6	Evans (9)
0.6	11.4	Evans (9)
0.44	15.75	Evans et al (8)
0.075	9	Churchmans (4)
0.192	7.5	Lead better (14)
U 1.13	13	Present work
R_1 annealed with zirconium 1.01	4.33	Present work
R_1 annealed with out zirconium 0	9.3	Present work

niobium is comparable with many other published results. The value of σ_0 for material R_1 is about one half the lowest value reported in the literature by Adams et al (3) and Lead better (20).

It is apparent from table 3 that the niobium-molybdenum alloys had a smaller grain size dependence than either purities of niobium, while σ_0 increased markedly.

Before one can conclude that most of the other reported low ky values were due to contamination at high temperature anneals, as in the case of the unprotected niobium in the present work, one should discuss the explanations offered previously to account for the low ky values of niobium, and see if any of the suggested fartors were playing a role in the present work.

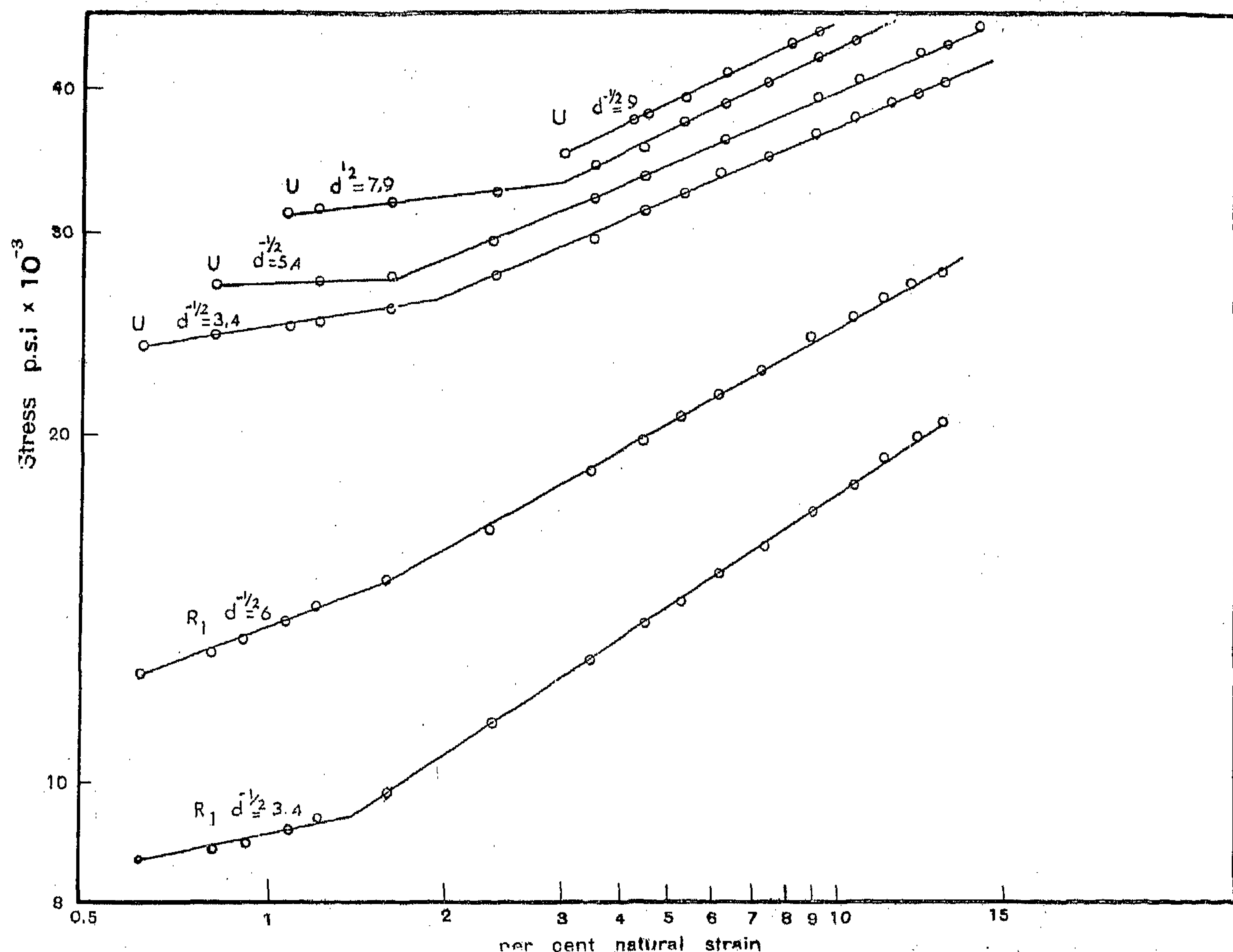


Fig. 4. — Variation of coefficient of work hard- ening with grain size in niobium R_1 and U.

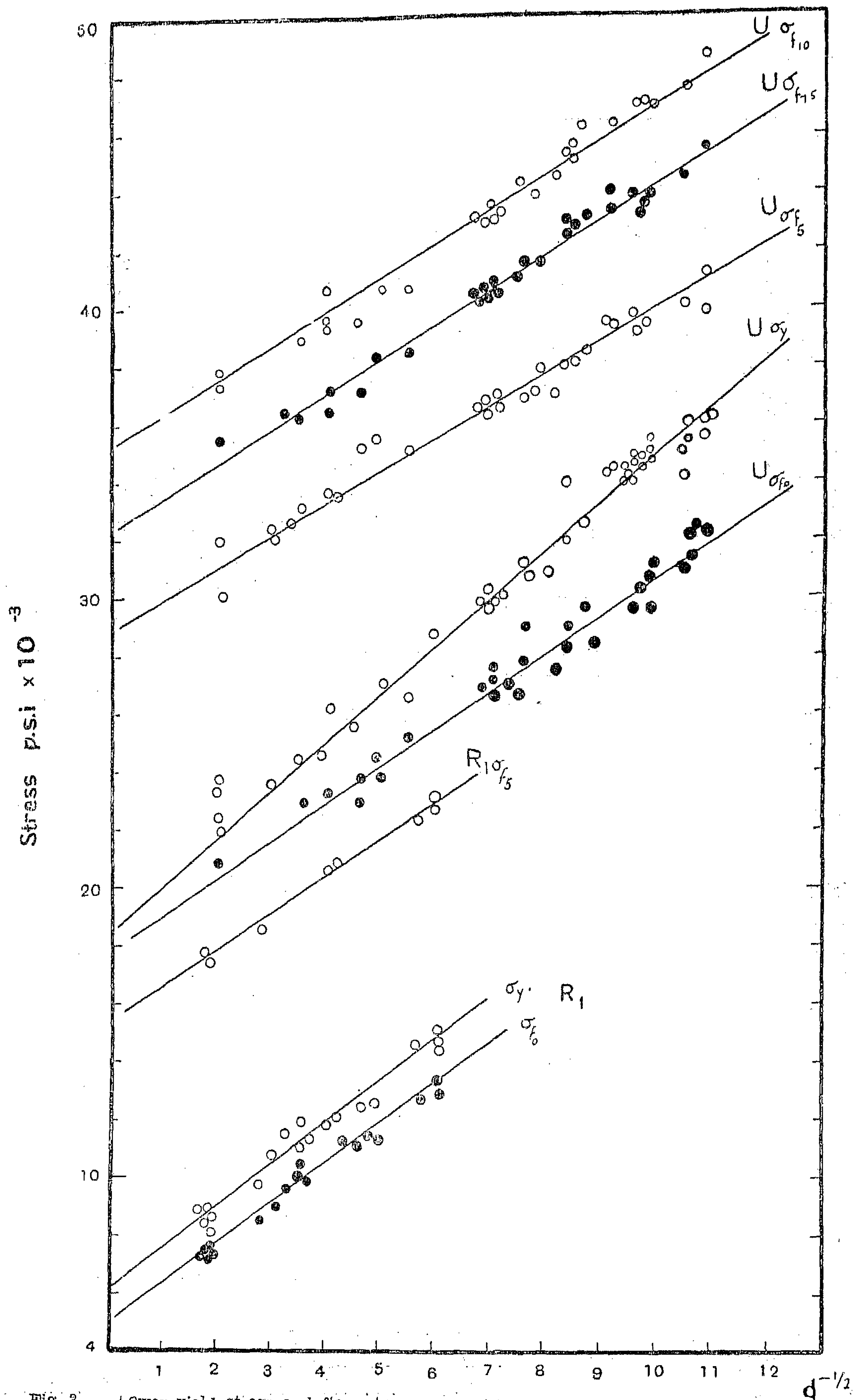


Fig. 3. — Lower yield stress and flow stress versus inverse square root of grain diameter for niobium R_1 and U.

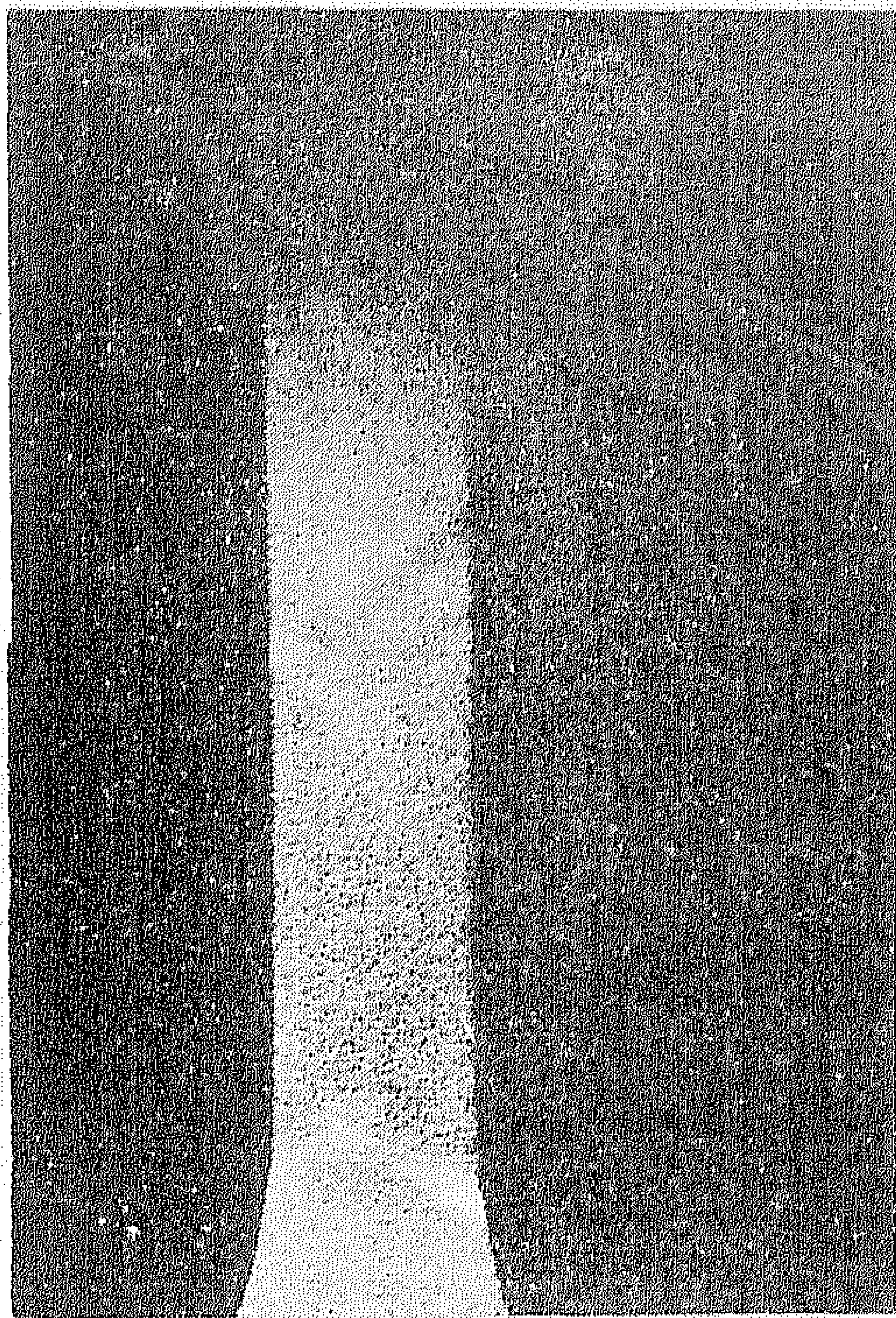


Fig. 2. — Lüders band in niobium sheet strained 3%.

The lower yield stresses for material R_1 and U are plotted against the inverse square root of grain diameter (in mm) in figure 3 irrespective of previous mechanical or heat-treatment history.

The values of flow stresses, after 5% 7.5% and 10% strain for material R_1, are also plotted in this figure against $d^{-1/2}$.

On the same figure values of σ_0 for material U and R_1 are also plotted against $d^{-1/2}$. These σ_0 values were obtained by extrapolating the rising part in the load elongation curve, as recorded in the chart, to the elastic lines. This method was deemed more appropriate for niobium than the other method adopted by Owen et al (10, 17) and Rosenfield (11) for tantalum. Owen et al extrapolate for σ_0 from a plot of log stress versus the logarithm of natural strains, based on the empirical relationship $\sigma = K\, \varepsilon^n$ where σ is the true stress at any natural strain ε and K is the strength constant. In niobium, however, such a plot often results in two straight lines with different slopes. The slope at small strains was less than at high strains. Figure 4 shows such a log σ — log ε plot for niobium specimens R_1 and U with different grain sizes. The transition occurred after 2—3% strains. Gregory and Row (18) reported similar plots for niobium. If one were to extrapolate the first line, higher values for σ_0 would be obtained than if one extrapolated the second line, because the slope of the second line is greater than the first. The slope of the first line cannot be determined with an acceptable degree of certainty since this region exists over a small amount of strain. Extrapolation of the second portion would be meaningless since it represents strains much greater than those at which the Luders strains occurred.

In Figure 3 there is also a plot of σ_y versus $d^{1/2}$ for zone refined niobium annealed at similar temperatures to those of R_1 but the specimens were not protected with zirconium during heat-treatments. The results are represented with black squares. It can be seen from these results that niobium had almost no grain size dependence when not properly protected during annealing.

Figure 5 shows a Petch plot of Nb 7.01% Mo and Nb 7.7% Mo alloys. These results were obtained by straining specimens, initially recrystallised at 1250°C, 20% in elongation and recrystallising them again at 1400°C to obtain coarse grained specimens. They were protected with zirconium during the two anneals. The Petch plot for niobium U and R_1 (annealed with zirconium) are reproduced on the same graph in figure 5 for comparison.

The values of ky and σ_0 obtained from the Petch plots in Figures 3 and 5 are given in table 3 together with most other published values of ky and σ_0 for niobium. One can observe from table 3 that the values of ky obtained in the present work when pick up of gases during heat-treatments was prevented, is comparable to that of Swedish iron (19) .99 ky $mm^{-3/2}$ and is ten times greater than that reported by Adams (3) and much greater than the more careful work reported by Evans (8). The value of ky and σ_0 for the unprotected

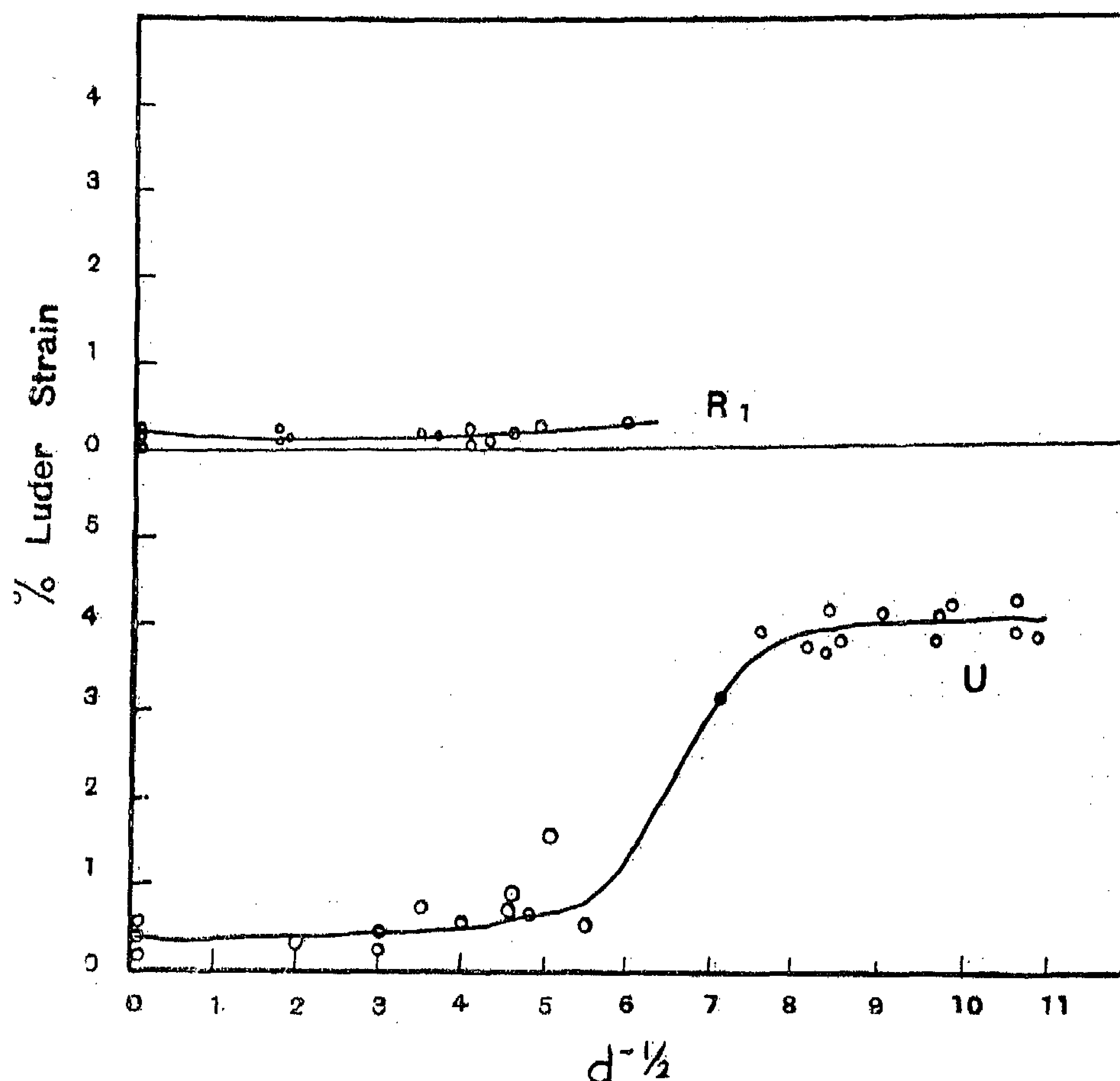


Fig. 1. — Variation of Lüders strain with inverse square root of grain diameter in niobium.

It was necessary to establish the nature of deformation in niobium and to show that it deforms like all b.c.c. metals through the formation of Luders bands, since most of the published work on niobium neglected to report observing Luders bands. The only work that reported Luders bands in niobium was that of Van Torne and Thomas (15); however, their specimens were coarse grained foils and the grain diameter greatly exceeded the specimen thickness, an experimental technique that would make deformation unhomogeneous at all strains. What may have appeared as Luders bands could also have been slip bands as well, especially when they report that the band was inclined 45° to the tension axis, the direction of maximum shear, while it is known (16) that in iron, the Luders bands do not form an angle of 45°, corresponding to maximum shear or an angle 55° corresponding to no dilatation but to angle 48° or 52°. The angle between the tension axis and the 111 directions for crystals presenting all possible orientations has an average value m = 50°8' and this angle should correspond to that of the Luders band and the tension axis.

It was very hard to observe Luders bands in niobium wire specimens or the sheet specimens when they were only chemically polished (15). It was possible to observe it in fine grained sheet specimens after preparing the surfaces in a similar manner to those of metallographic sections. Figure 2 shows a photograph of such a Luders band in niobium. Clearly, the yield point in niobium is associated with unhomogeneous deformation.

The niobium-molybdenum alloys containing approximately 1% 2% 5% and 10% Mo were cold swaged from the initial diameter of the zone melted bars (.281") to .05" diameter wires. They were recrystallised at 1100°C, 1250°C and 1400°C.

Gettering with zirconium was not yet thought of and the specimens were annealed in the tantalum boat alone. The pressure at 1400°C was of the order of 10^{-5} mm Hg and therefore only results on alloys recrystallised at 1250°C (pressure was always less than 3×10^{-6} mm Hg) were included in our analysis.

The specimens obtained from the last alloy prepared (Nb-8% Mo) were all recrystallised at 1250°C using zirconium as a getter. Since only a few homogeneous alloy specimens were obtained, the specimens recrystallised at 1250°C were tested to 20% elongation and then recrystallised again at 1400°C to give coarse grained specimens for further testing.

Specimens 3" long and .05" in diameter were gripped with pin-type grips. The guage length was 2". They were tested in a hard tensile machine based on the design of Adams (13) at a constant strain rate of 1.329×10^{-4} sec^{-1}.

Tests at —78°C were carried out by using a mixture of acetone and dry ice. The mixture was contained in a thermos flask that surrounded the whole moving part of the machine.

Tests at —198°C were carried out in the same way but with liquid nitrogen.

Ageing tests and tests at higher temperatures (up to 278°C) were carried out by using a silicone oil bath. The temperature of the specimens was measrued by a chromel-alumel thermocouple, placed with its tip bent to an angle that surrounded the wire specimens. Ageing tests were carried out without removing the specimens from the machine. After straining the specimen to the required amount, the specimen was unloaded but for a slight load to ensure alignement, and the bath placed to surround the specimens. Because of the high heat capacity of the machine it was not possible to heat the specimen to the required temperature in less than 10 minutes to minimise the error in ageing tests longer ageing times were used.

Oxygen, nitrogen and hydrogen in the niobium and niobium-molybdenum alloys were determined for each batch of material using a semi-micro vacuum fusion (14) apparatus for samples from the highest and lowest heat treatment temperature used.

The accuracy of this method is about ± 10 ppm for oxygen and hydrogen. Nitrogen is determined by difference. Carbon analyses were carried out by B.S.I.R.A.

The grain size of each specimen tested for grain size analysis was determined by the linear intercept method.

RESULTS AND DISCUSSION

The effect of grain size :

Tensile tests on the heat treated specimens of zone refined niobium specimens R_1 and the unrefined niobium U were carried out at room temperature at a constant strain rate of 1.329×10^{-4} sec^{-1}.

The specimens showed a well-defined upper and lower yield point. The Luders extensions were greater for fine grained specimens than for coarse grained material. Specimens of R_1 generally exhibited smaller Luders extensions than specimens of U, but this is because specimens from niobium R_1, due to its high purity, had always coarser grains than specimens of U. Figure 1 shows the Luders extensions of R_1 and U plotted against $d^{-1/2}$. It is apparent from Figure 1 that the Luders extension is only a function of the grain size.

At 1400°C the pressure was 7×10^{-6} mm Hg. heating up time was then varied according to the temperature. It took 8 hours to reach 1250°C, 10 hours to reach 1400°C and about 14 hours to reach 1650°C. A standard cooling procedure was adopted in order to avoid variation in the distribution of interstitial elements. For zone refined niobium, after the recrystallisation treatment, the specimen was cooled to 1020°C and left there for one hour. Following this the furnace power was switched off, the specimen cooling to room temperature in about 15 minutes. The temperature 1020°C was chosen as this was the lowest recrystallisation temperature used for zone refined niobium. In unrefined niobium this intermediate temperature was 1250°C corresponding to the higher recrystallisation temperature necessary.

Before each treatment the specimens to be treated were etched with HNO_3-HF mixture and washed well with water followed by alcohol and pet-ether. They were placed in a tantalum boat, and covered with a sheet of tantalum on which zirconium turnings were placed. Zirconium proved to be a powerful "getter" for oxygen and nitrogen. For example, when specimens of zone refined niobium were annealed at 1600°C and a few of them were placed in a tantalum boat and covered with tantalum only, while the remainder were placed in another tantalum boat and covered with tantalum sheet and zirconium the yield strength of the specimens without zirconium protection was 12000-14000 p.s.i. while the others had a yield strength of 6000-6500 p.s.i. The difference is clearly due to pick up of oxygen and nitrogen. The gas analysis in Table 2 also supports this view.

Bars .281" diameter of unrefined niobium U were swaged at room temperatures to rods .156" diameter (approx. 70% R.A.). Pieces 3" long were annealed at 1250°C, 1400°C and 1650°C for one hour. They were then swaged to wires .05" diameter (79% R.A.). The wires were cut to give specimens 3" long. Batches of each heat were recrystallised at 1400°C, 1500°C and 1650°C to give grain sizes $d^{-1/2}$ in mm 10, 8 and 6. In order to produce coarser grains than $d^{-1/2}$ 6 a set of the specimens recrystallised at 1400°C were tested in an Adams tensile testing machine and strained to various amounts (1 to 20%) in elongation. A small piece from the end of each specimen was cut off and kept for grain size determination. The rest of the tensile specimen was recrystallised again at 1400°C and a few at 1500°C. Only specimens strained more than 10% in elongation were completely recrystalised. For strains of 1-5% the specimens only recovered, and in cases preferential growth of a few grains occurred across the specimen, while the rest remained unchanged. Only the results for strains higher than 10% were taken into consideration while the rest were discarded.

Bars. 281 diameter of the zone refined specimens R_1 were swaged to .156" diameter and batches were annealed at 1250°C, 1400°C and 1650°C. They were swaged again to .05" diameter wires and cut to 3" long specimens. Another bar was swaged directly from .281" to .05" wires without any intermediate anneals.

The specimens of zone refined niobium with diffferent heat and mechanical history were recrystallised at 1020°C, 1100°C, 1250°C & 1350°C. The grain sizes produced ranged between $d^{-1/2}$ 6.1 to 1.85. Specimens that were recrystallised at 1400°C or 1600°C were all of the bamboo type and therefore were not included in our analysis.

The method of straining was not successful with the zone refined material. When specimens were strained 2% to 20% in elongation and recrystalised at 1250°C or 1350°C, the process resulted in two or three crystals along the length of the specimens. It was not possible to recrystallise the zone refined material at temperatures below 1250°C and strains up to 20% because the material recovered during the slow heating and prevented recrystallisation. It is interesting to note that the yield stress of those specimens composed of two or three crystals was 3000-3500 p.s.i. This is very low compared with any value yet reported in the literature.

bdenum bar between 170-190 v.p.n. On swaging the refined bar it fractured. The fragments were collected, washed with petroleum ether, etched with 3 : 1 CONC HNO_3 : HF mixture, and washed with water, followed by methyl alcohol and stored for use in the preparation of the alloys.

Preparation of Alloys :

The Nb-Mo alloys were prepared by melting the corresponding weights of zone refined Nb and Mo in an argon arc furnace. Before each melt, the chamber was filled with argon to a pressure of 10″. Hg. This atmosphere was "gettered" by melting a noibium button on the edge of the hearth, using a non-consumable pure niobium electrode. After gettering the atmosphere, the niobium and molybdenum charge was melted. Alloys of Nb containing 50, 40, 30 and 20% molybdenum were extremely brittle and fractured on cold swaging their ingots. Attempts to swage them at temperatures up to 200°C also failed. It was possible to cold swage the ingots of the alloys containing 1, 2, 5, 10% Mo.

The swaged ingots of Nb-10% Mo were welded together in the electron bombardment melting apparatus and they were subsequently given four zone passes in opposite directions at relatively fast zone speeds (5 inches/hour). It was wrongly thought that this process levels the alloy. Due to the volatile nature of the molybdenum and the contamination with oxygen and nitrogen in the argon arc,, the resulting alloy bar was not really homogeneous all along the length (batch M_{10}). Alloys of niobium containing 5, 2, 1 wt.% Mo were prepared in this way (batches M_1, M_2, M_5). They were not entirely homogeneous but much more so than the alloys of higher content.

Since the previous method described for preparation of niobium molybdenum alloys was inadequate for preparation of homogeneous alloy bar, a different procedure was adopted for the preparation of an alloy Nb-9%Mo. A molybdenum wire .06 inch diameter was purchased from Murex and a longitudinal perforation slightly bigger than .06 inch diameter was drilled in the centre of one inch long (.281" diameter) rods of zone refined niobium. In order to ensure homogeneity of cross-section a bar thicker than .281" was zone refined first, and then swaged down to .281" drilling. The rods with the Mo wire passing through their longitudinal axis were given ten zones in opposite directions.

Hardness was measured each half inch along the alloy bar obtained. The hardness varied between 138 too 143 v.p.n. Small weights of the alloy were turned out of the surface of the alloy rod each inch along the length of the bar and chemically analysed. It was found that the composition varied between 7.5% to 9%Mo.

The alloy bar was given four more rapid zones (7 inches/hour) in opposite directions. The hardness values were comparable on a length of 4". It varied between 135-137 v.p.n. This part was cut out and swaged to 0.156" rod. Pieces 3" long were cut from this swaged rod and small pieces of each end were analysed. Only pieces that had the same analysis at both ends were chosen. These were swaged to .05" diameter wires and a piece of each wire was chemically analysed for Mo content. Only those wires with consistent analysis were used for grain size yield strength analysis (batch M_8) ; the rest of the wires were used in studying the effect of molybdenum content on yield strength.

PREPARATION OF SPECIMENS WITH A RANGE OF GRAIN SIZES

All heat treatments were carried out in a tungsten vacuum furnace. The time to reach a certain temperature varied depending on the particular temperature. The furnace was heated up slowly in order to allow the pumping system to remove the absorbed gases on the internal surface and avoid excessive rise in pressure. The pressure was always kept below 3×10^{-6} mm Hg at temperature up to 1250°C. At 1650°C the pressure could not be kept at this range and was about 2×10^{-5} mm Hg. The

EXPERIMENTAL PROCEDURES

PREPARATION OF PURE AND MOLYBDENUM AND NIOBIUM-MOLYBDENUM ALLOYS :

The starting materials were U.K.A.E.A. arc melted niobium and Murex sintered molybdenum. The analysis of the starting materials is shown in Table 1. Bars 8 inches long and .281 inch in diameter were refined by the zone melting technique in an electron beam zone melting apparatus.

TABLE 1

Analysis of Niobium (U.K.A.E.A.)	
Oxygen	150 p.p.m.
Nitrogen	50 p.p.m.
Hydrogen	3 p.p.m.
Carbon	50 p.p.m.
Iron	415 p.p.m.
Silicon	200 p.p.m.
Analysis of Molybdenum (as supplied by Murex)	
Oxygen	14 p.p.m.
Hydrogen	1 p.p.m.
Nitrogen	12 p.p.m.
Carbon	10 p.p.m.
Iron	0.018%
Silicon	0.007%
Tungsten	0.010%
Copper	less than 0.0005%

The niobium bars were given from 6 to 8 zones. Hardness was measured each half inch along the length of the refined rods. Only those sections of the bar that had hardness between 32-35 v.p.n. were cut out and kept for later use, (batch R_1).

In the later stages of this work, a small bar of niobium from the same source (U.K.A.E.A.) but probably from a different batch was refined applying the same technique adopted for batch R_1. It was found, however, that the specimens prepared from this bar (batch R_2) contained less oxygen than those previously prepared from batch R_1. The analysis (Table 2) of the specimens indicated that the carbon remaining in R_2 after refining was higher by 10 ppm than R_1. Therefore it seems that the starting material for batch R_2 had more carbon than that of R_1, which resulted in the efficient removal of oxygen during the zone melting process.

It was very difficult to refine molybdenum to the same degree as that of niobium. In the first six passes, only the surface of the bar melted. After a few minutes the tantalum filament was covered with metal and impurity deposite and the filament had to be changed. Only in the seventh pass was it possible to hold the zone for a longer time to melt through the metal. After the tenth pass the metal was melted all through and was zoned. The hardness varied along the moly-

TABLE 2 : GAS ANALYSIS

	O_2 wt. %	N_2 wt. %	C wt. %	H_2 wt. %
R_1 annealed with zirconium	·012 ·012	.0013 .0012	.0025	.0006 0
R_1 annealed without zirconium	·0162	.0082		·0008
R_2 annealed with zirconium	·0006	.0017	.0035	0
R_2 annealed with zirconium	·0007	.0021		·0
U annealed at 1400°C with zirconium	·014 .0145	.0063 .007		·0003 ·0003
U annealed at 1650°C with zirconium	·019	.0065		·0002
Nb/Mo annealed at 1250°C with zirconium	.003	.0015		·0009
Nb/Mo annealed at 1400°C with zirconium	·0098 ·0093	·007 ·0064		·0003 ·0002
Nb/Mo (test No. 5) annealed without zirconium at 1250°C	.0058	.0029	·0075	·002
Nb/Mo (test No. 37) annealed without zirconium at 1250°C	.0062	.0021		·0006

THE TENSILE PROPERTIES OF NIOBIUM AND ITS ALLOYS WITH MOLYBDENUM

By

Dr. A.M. OMAR

SUMMARY

Tensile tests were carried out on zone refined and unrefined niobium specimens of different grain size produced by different thermal and mechanical treatments. Using zirconium and tantalum as gettering material during heat treatment, the results showed that the yield stress of niobium had a grain size dependence comparable with that of other body centered cubic metals and that most of the low grain size dependence reported in the literature was due to contamination by interstitial elements.

Tensile tests on the niobium molybdenum alloys showed that the yield strength of niobium increased linearly with molybdenum addition.

The temperature dependence of the flow stress in niobium in the range — 200°C to + 300°C has been investigated on niobium of different purities. At the yield point, the different materials show the same temperature dependence, the interstitial impurities merely giving a temperature independent increment. Above room temperature, the flow stress curves are sensitive to the amounts of interstitial impurities due to ageing occurring during the tensile tests. In the purest niobium obtained the ageing phenomenon was absent.

Strain ageing tests on zone refined niobium and unrefined niobium indicated that oxygen was responsible for strain age hardening in the early stages of the process, while nitrogen required much longer times. 5 p.p.m. oxygen and 20 p.p.m. nitrogen were not sufficient for the return of the yield point on straining and ageing.

INTRODUCTION

The tensile properties of niobium have been recently a subject of wide interest. It was expected that since niobium is a body centered metal, it should display all the properties of these metals, and follow the well-known theories of Cottrell (1) and Petch (2). However, although the metal exhibited a sharp upper and a well defined lower yield point, it only showed a very small grain size dependence (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Various workers offered explanations for this and some of them attemped a different method to obtain the Petch parameters (10, 11). This method, which is built on extrapolation of the stress strain curve to zero plastic strain, also gave small values of ky.

A study of the tensile properties of both zone refined and relatively pure commercial niobium has been made in order to find an answer to the contradictions which exist in the literature. Further, since it was noted (12) that alterations in heat treatment that produce different grain size cause changes in the distribution of impurity atoms and this in its turn may change the friction stress, various heat and mechanical histories were used to obtain different and similar grain sizes, in order to test the validity of this hypothesis. The study also included the effect of temperature and alloying additions of molybdenum on the tensile properties of niobium.

The static system is also a closed loop control system with the current and voltage limit features found in the amplidyne system, and with the additional feature of a power limit. This system has very rapid response characteristics because the reactor impedance can be changed quickly and the exciter voltage is already built up, ready to change the generator field current as soon as the circuit impedance is changed.

9. Conclusion.

Diesel-electric vehicles are used on lines whose limited traffic volume does not justify electrification. In this country, traction on the main lines is carried mostly by such locomotives. The locomotive performance is the result of controlling the generator voltage and current as to fully utilize the diesel engine output, coupled with rapid response characteristics that serve to compensate for sudden load changed without incurring power loss or engine over-loading.

The shunt type generator is the less costly and less complicated machine, but it has the disadvantage that it must slightly overload the the Diesel engine throughout the major portion of the operating range. Since the horsepower output of the Diesel engine falls off slightly when the engine is loaded the shunt type generator does not utilize the max. available engine horsepower at all times. Therefore, this type of generator is applied on the smaller sizes of locomotives which are used for light services. In such services, exact utilization of the maximum available horsepower is not essential and the lower first cost and the simplicity and ease of maintenance of the shunt type generator make it the logical choice for such applications.

The differentially excited type genrator is more costly and more complicated than the shunt type, but it also provides for more exact utilization of the maximum available engine horsepower, so it is applied to the larger sizes of locomotives such as those used for main line services. These applications require that the maximum available horsepower be utilized for traction, and in such cases the additional power delivered to the traction motors by differentially excited generator is well worth the additional cost and greater complexity of control of this type of generator. To improve the performance of the differentally excited generator a load regulator device is used which assures utilization of the maximum available horsepower regardless of the condition of the Diesel engine or the operating temperature of the electrical equipment.

Various excitation systems have been developed these are discussed and analysed. Recent trends are in favour of static excitation systems.

BIBLIOGRAPHY

1. Fechner, W. : Dieselelektrische Lokomotiven fur Brasilien, Dtsch Eisenbalintechn. 15, 1967.

2. C.A. Atwell; Performance of Diesel locomotive generators, Railway Mechanical and Electrical Engineer, July 1950.

3. E. Electric, Traction; D 400 Class 2700 H.P. Diesel-Electrics for B.R., Railway Gazette, 5th April 1968.

4. A.J. Johansson, H.R. Stiger; Dynamic braking on Diesel-electric locomotives, AIEE Transactions, Vol. 72. 1953.

5. S.W. McElhenny, R.M. Smith; Static excitation control for Diesel-electric locomotives, AIEE, Winter General meeting, 1954.

6. B.B.C.; Diesel-electric traction, bulletin 2851 E, volume 4, 1961.



8. Static Excitation System.

The more recently developed static excitation system utilizes an engine-driven alternator to provide excitation power (5,6). As illustrated in fig. (9), three phase power from the alternator is fed through saturable reactors whose impedance to the alternating current is determined by currents in the various d.c. control windings.

The alternator has a fixed field current sufficient to give a terminal voltage about twice that required for full generator excitation at top engine speed. The alternating current flow is controlled by the reactors. Whatever current flows through them is rectified by a bank of power rectifiers and used to excite the same kind of simple shunt generator used with the amplidyne system.

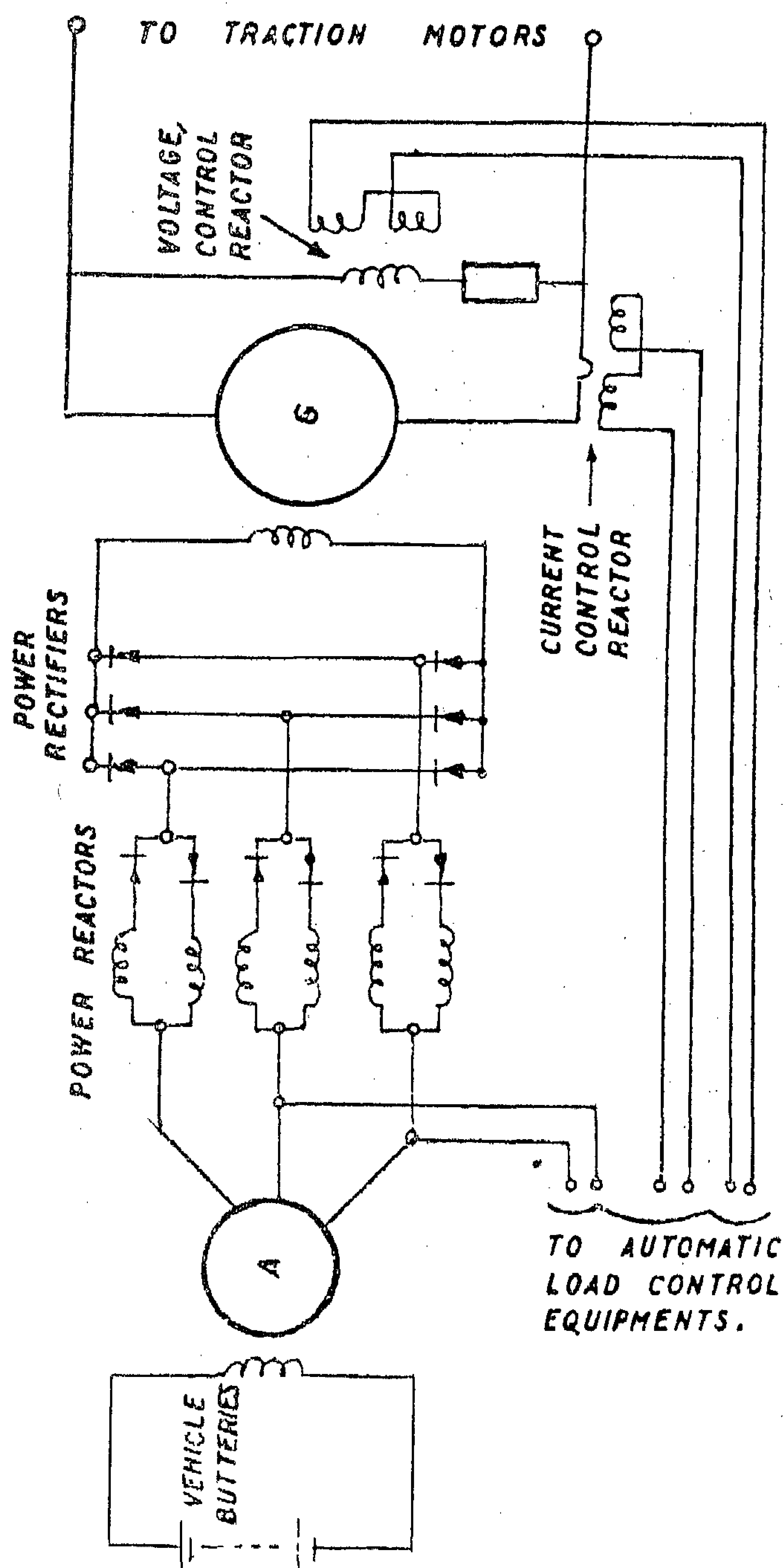


FIG (9)

FUNDAMENTAL DIAGRAM OF STATIC EXCITATION SYSTEM.

field and curren limit systems by changing the voltage level at which the voltage of resistor R2 will reduce the F1, F2 exciter field current to the value required to hold the desired load.

The winding space on the center legs of reactors X1 and X2 is also utilized for other d-c control windings for calibration purposes. For example, if another winding on X1 were connected to the locomotive battery its excitation would substitute for much of the signal of generator current. Then, a smaller generator current would reduce the exciter voltage to set a new and lower current limit. This is actually done at the minimum position of the controller selector handle for dynamic braking. The generator, therefore, excites the motor fields at a much lower voltag than is normal during motoring operation. This gives the very low minimum braking effort required to prevent excessive run-ins of slack on going into dynamic braking. As the controller is moved to a position calling for more braking, the substitute signal for generator current is reduced, thus increasing the generator current limit.

The saturable reactor, current-limit control equipment proves advantageous when notching the throttle to start a train from standstill.

For greatest flexibility of motive power operation it is desirable to work units of similar size but dissimilar manufacture in multiple. The earliest diesel-electric locomotives for passenger service provided multiple-unit control with eight throttle notches, or steps, on the controller. Since these were relatively low-power locomotives, this rather coarse control was quite satisfactory. The fairly rapid increase in locomotive horsepower and length of trains has rendered the traditional 8-notch schedule less satisfactory. The necessity for multiple operation of new and old locomtives, however, makes it virtually impossible to obtain smoother control by changing the number of notches. This is where the current-limit feature proves valuable.

The current avilable in the full power (8th) notch is well beyond the value represented by the nearly vertical line CD in Fig. 3. Since currents above the line CD represent tractive efforts obtainable only under extremely unusual circumstances, any throttle notches giving currents which cross the IR line above this value cannot be used. This reduces the number of notches available for starting the train. All eight notches must be there, however, to divide up the generator characteristic into reasonable equal increments of horsepower and tractive effort for proper locomotive operation. With current limit, the 8th-notch current is held on the line CD, and all steps may be useful in starting a heavy train. This feature of the control employing the amplidyne and its associated saturable reactors is known as tractive effort control. It has proved to be of material assistance in starting heavy trains under difficult conditions.

In addition to giving desirable locomative performance characteristics, the saturable reactor, current-limit control system provides the isolation required between low-voltage control and high-voltages power circuits. This problem of insulation arises in seeking to measure the current of voltage from the generator or the traction motors in dynamic braking. During normal operation, the current and voltage measuring circuits can be tied to the end of the generator at ground potential. This connection, however, prevents operating a locomotive having a ground in the main circuit at some other point than the normal ground relay connection. Such emergency operation may sometimes be very important to clear the main line, should a ground develop in the normally high-potential end of the generator on a locomotive in service. If the control system is tied to the end of the generator circuit normally at ground potential, such emergency operation would subject it to maximum generator voltage. This would undoubtedly result in failure of control device and in dangerous possibilities for operating personnel.

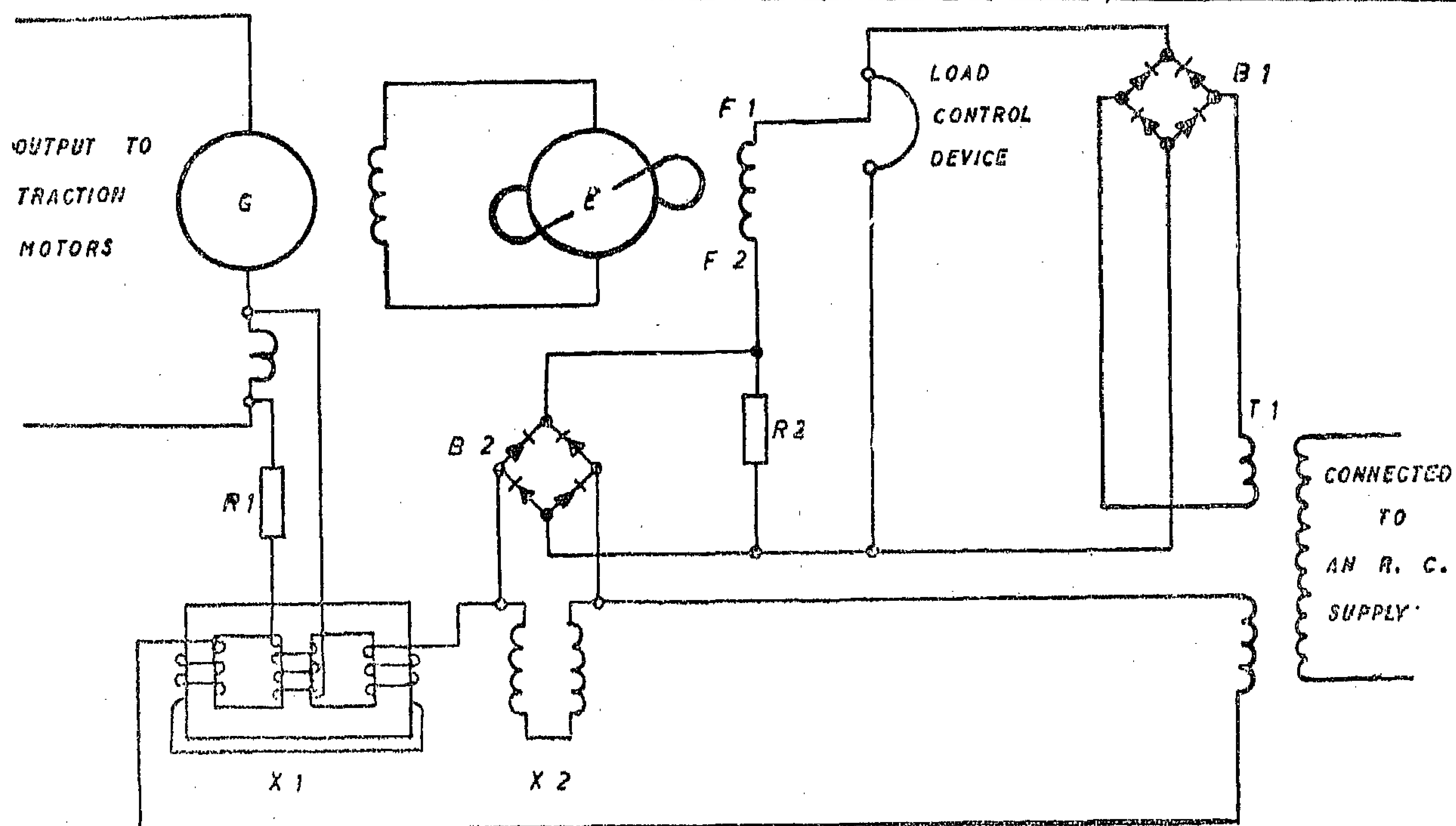


FIG (8)

FUNDAMINTAL DIAGRAM OF AMPLIDYNE EXCITATION.

d-c winding on the center leg of the XI reactor. The two outer legs, together with similar windings on the X2 reactor; have alternating current fed to them. These two sets of a—c windings are connected in series across a secondary of the transformer, T1. The flux produced by the alternating current in X1 follows a path around the outer part of the core. The d-c flux in the center leg divides, flowing through the outer two legs and back to the center leg. An increase in d-c flux, produced by an increase in genenrator current, saturates the reactor XI. This reduces its impedance, and hence the voltage across it. As a result, more voltage is shifted to reactor X2,, since the supply voltage from transformer T1 has not changed. The voltage across reactor X2, is rectified and fed through the R2 resistor. It will thus be seen that the d-c voltage across resistor R2 increases with an increase in generator current.

Another secondary winding on transformer T1 is used to supply current to the exciter field F1, F2. This is done through rectifier B1 and the load control rheostat. The current through F1, F2 must also flow through resistor R2. Therefore, as the generator current rises, the resulting increase in voltage across resistor R2 leaves less voltage for the F1, F2 field, and less current will flow in it.

A set of reactors, X3 and X4, (not shown) are connected through a rectifier similar to B2 and across resistor R2 to measure generator field current. The entire generator field current flows through a coil on the center leg of reactor X3. Thus, the system is controlled to provide maximum generator voltage and current. The action of the current in the d.c. winding of reactor X3 on the exciter field holds maximum generator voltage by limiting generator field current. At the same time reactor X1 acts to hold maximum generator load current as already explained. In effect, we have a d-c transformer in that the voltage across the generator communtating field, indicating load current. is transformed into d-c voltage across resistor R2. The load control rheostat on the engine governor recalibrates both the

6. Amplidyne Excitation System.

Because of the difficulties involved in getting differential exciters to produce the optimum generator characteristic an entirely different approach to the excitation problem has been developed. In this, the control system adjusts the excitation of a shunt generator in response to changes in generator voltage and current. Such a control system can actually draw the optimum power curve.

In order to adjust excitation, the control system must work on either the generator or exciter field. If it works on the generator field, large devices are necessary to handle this relatively heavy current.

The exciter, on the other hand, is essentially an amplifier which can take relatively small control signals and regulate excitation for the generator from them. Hence, a control system working on the exciter field involves low currents and small devices. This advantage is further enhanced by using the amplidyne, a special kind of shunt exciter capable of much larger amplification and, therefore, using much smaller control signals than an ordinary exciter.

With the amplidyne it is possible to use small static control components to measure generator output and adjust excitation to obtain curve ABCDE, Fig. 3. This system produces the portion of the curve AB, representing the maximum voltage available, by measuring the generator field current with a coil on a reactor through which the field current passes. The signal from this reactor controls the exciter field to prevent drawing more field current than is necessary to produce the full voltage line AB.

In a like manner, another reactor measures the generator current and adjusts excitation to limit maximum currents to values shown along the line CD.

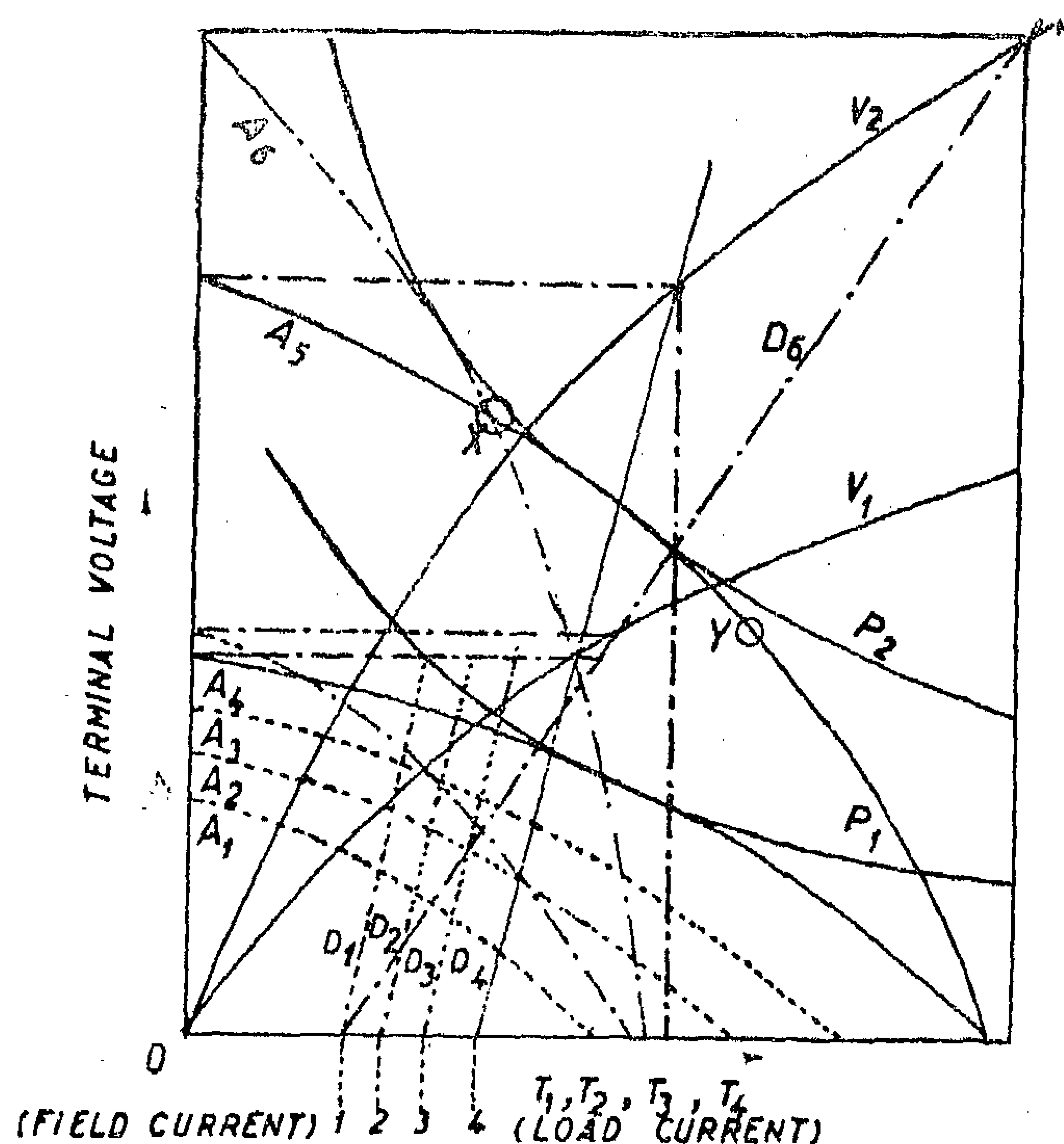
The BC portion of the curve is drawn by a load control rheostat — not directly, but rather by recelibrating the field current limit and line current limit reactors so that new lines A,B, and C,D, are produced. These are so determined as to intersect at a point on the full horsepower curve BC. This is quite different from having the load control actually draw the BC portion of the curve by direct control of excitation. As had been already pointed out this would be impractical. For instance, any tendency for the current to increase as a result of field shunting will be immediately met by the current limit going into vigorous action to reduce generator excitation. This avoids the momentary overload which would result in roughness.

The method of using the amplidyne exciter just described, which feeds the output back to control the input, constitutes a closed loop excitation system. It responds much faster than on ordinary open loop system, such as the kind using a differential field on the generator or exciter. In that case, fixed field excitation is provided and the generator or exciter delivers voltage in accordance with the value of this fixed field current of a large d-c generator, such as used on diesel-electric road locomatives, cannot be changed as rapidly with the open loop as with the closed loop excitation system. This is because the closed loop system offers the possibility of forcing the field current to change by applying the greatly increased exciter voltage available transiently. Since this system measures the output to control the input, the exciter voltage available to change the generator field can easily be double that required to actually hold the field current at the required value once it is reached. This allows more rapid control of excitation under transient conditions than would otherwise be possible.

7. Saturable Reactor Excitation Control.

The basic system showing saturable reactor control of generator output is shown in figure (8) (3,4,5,).

The Amplidyne, E, excites the field of the generator which, in turn, supplies current to the traction motors. The communtating field of the generator is used as a load-indicating shunt, supplying a voltage proportional to generator current. This is fed through a temperature compensating resistor (R1) to the



Symbols :

V_1,V_2 = Voltage curve of the generator for the speeds n_1,n_2 of the diesel engine.

P_1,P_2 = Outputs of the desel engine at the speeds n_1,n_2

a_1,a_2,a_3,a_4 = Resistance lines corresponding to the excitation currents i_1,i_2,i_3,i_4.

A_1,A_2,A_3,A_4 = Characteristcs of the diesel-generator for the output P_1 of the diesel engine at the respective resistance lines a_1,a_2,a_3,a_4.

A_5 = Characteristic of the generator for an output P_2 of the diesel engine at the resistance line a_4.

A_6 = Characteristic of the generator for an output P_2 of the diesel engine at the resistance line a_6.

Figure (7) illustrates the conditions obtained with Figure (6) circuit arrangement (2,3). For example, with the separate excitation currents i_1, i_2, i_3 and i_4 we obtain the corresponding characteristic A_1, A_2, A_3 and A_4. With the latter characteristic it is possible to attain the highest starting current, or in other words the maximum tractive effort. This characteristic is therefore suitable for starting under severe conditions. The characteristic A_4 must not intersect the power hyperbola P_1 corresponding to the speed n_1, otherwise the speed and output of the diesel engine will drop considerably. To drive the vehicle at a higher speed, the speed of the diesel can be raised to n_2. Thus the voltage V is raised from the characteristic A_4 to A_5. If a still higher speed is desired, it is possible to switch ovre from A_5 to A_6 at about the point x. The characteristic A_6 corresponds to maximum speed but minimum starting current; that is to say, if the trailing load is light, the locomotive can start up on the characteristic A_6 direct.

The characteristic curves A_1, A_2 ... etc. each is obtained at one definite temperature of the generating unit, which is, of course, designed to operate at the temperature expected to be most common in service. If, however, the temperature of equipment is lowered, the entire curve will be raised, thus overloading the engine. Reference to figure (5) shows why this is true. Since the resistance of a field winding is proportional to its temperature, it is obvious that at a lower temperature more than normal current will flow in the excitation circuit. This will result in an overvoltage in relation to the generator output current. From figure (7) it can be seen that, with the assistance of the differential excitation method, full advantage is taken of the output of the diesel engine over quite a wide range, for instance from x to y. The combination of the load regulator system figure (6) allows full benefit to be gained from the output of the diesel engine and corrects any difference in the temperature rise of the electrical machine and loss of output from the diesel in the event of a cylinder failing, for example.

ine governor ordinarily controls speed by regulating the amount of fuel injected into the cylinders. But, by actuating a load control rheostat (2), it can also be used to reduce excitation to the exact amount needed to permit full power to be developed without overload. This means that curve ABCD of figure (3) can be set to call for more horsepower along the BC portion that would actually be available, and the load control will adjust the excitation to the optimum value. Under these conditions the load control really draws the BC portion of the curve. More-over, the load control feature is useful in correcting the generator demand to meet unusual engine limitations, such as result when a cylinder is cut out while the vehicle is in service.

It might be asked: Why not eliminate the differential field and let the load control rheostat adjust the excitation along the line (BC) ? The objection is that load control alone does not act fast enough (3) to correct for transient conditions such as occur at field shunting, transition, etc. These require something which can work much faster in order to avoid sudden overloads, even though of short duration. For example, suppose the motor fields are shunted when the generator is operating at point (B). The immediate effect is to cause the motors to call for much more current. This demand occurs at essentially the voltage of point (B) resulting in a momentary heavy overload and a droop in the diesel engine speed. The energy given up by the engine and generator in such a speed droop would be transmitted to the motors, resulting in rough handling of the train. The action of the differential field or other current-sensitive elements in the system can quickly correct the net excitation to a value some-where along the line BC which can support the traction motor load without engine overloading. On the other hand, the load control device must actually observe a drop in engine speed before it can begin to take corrective action.

Figure (6) shows the circuit diagram of a diesel electric system employing the differentially compounded generator and the load control device (4).

In order to set different values of the separate excitation, and thus obtain different starting currents, resistance steps are incorporated in the separate excitation winding, which are cut in by the field regulator. A high voltage at the generator is obtained by varying its self-excitation as well.

Figure (7) : Operating curves for the circuit shown in figure six.

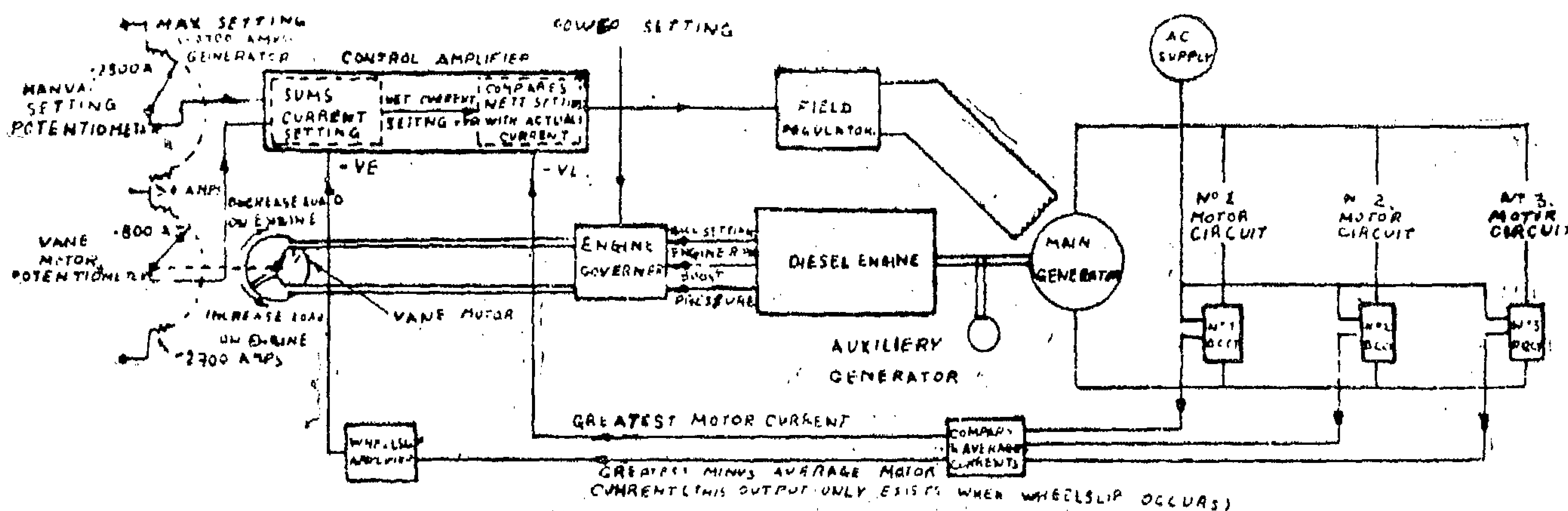


FIG (6)

CLOSED LOOP CONTROL SYSTEM FOR REGULATING TRACTIVE EFFORT, ENGIN LOAD AND TRAIN SPEED TO THE DRIVER'S INSTRUCTIONS.

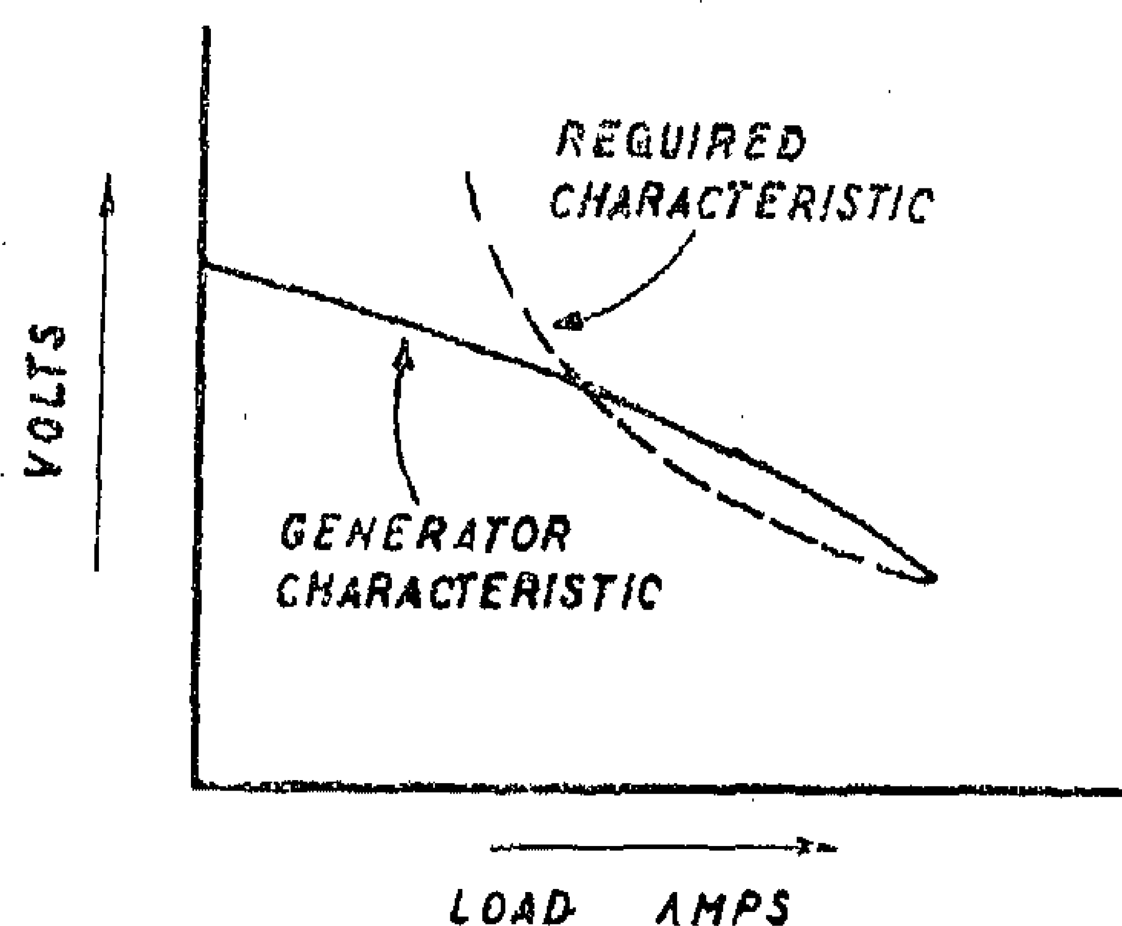


FIG (4)

CONSTANT SPEED OUTPUT CHARACTERISTIC OF A SHUNT EXCITED GENERATOR.

istic. Since this is a convex curve and the required curve is a concave curve, it is obvious that if one is superimposed over the other, either the engine will be seriously overloaded over a considerable range of train speed or if the convex curve is shifted downward, as can be done by increasing the external resistance in the shunt field circuit, the engine will be under-loaded over a wide range.

This constant speed characteristic is unsuited for properly loading the diesel engine at a constant speed, but a very close approximation of the required characteristic can be obtained by so designing and applying the generator that it slightly over-loads the engine throughout the major portion of the operating range, thus causing a drop in the rotational speed of the engine and the generator and hence, a drop in the generated voltage. Generators of this type are all of the small, relatively high speed type. If such a machine is carefully proportioned and the magnetic sections are worked at low values of flux density, the voltage will vary rapidly with the rotational speed, and a slight change in engine speed will cause a corresponding variation in geneator voltage and in the power demanded by the generator from the engine; thus, a stable condition will be reached for each value of low current with very little change in engine speed or horsepower.

Generators of this type give a close approximation of the ideal regulation and offer the utmost in simplicity. The practical result of experience indicates that this type of generators (1) is suitable for sizes below 300 horsepower.

5. Differential Field Excitation System.

The second type of generator which has been developed to produce the correct output characteristic for properly loading a diesel engine over a wide range of vehicle operation is a separately excited generator, the excitation for which is in turn partially dependent upon the load current of the main generator.

One of the earliest attempts to minimize the effects of overloading a diesel engine used for traction was the use of a differentially connected series field in the generator itself. This arrangement gave the usual differentially would generator characteristic as shown in figure (5). This is a convex curve, while, the output characteristic must be concave if it is to conform to a constant horsepower input

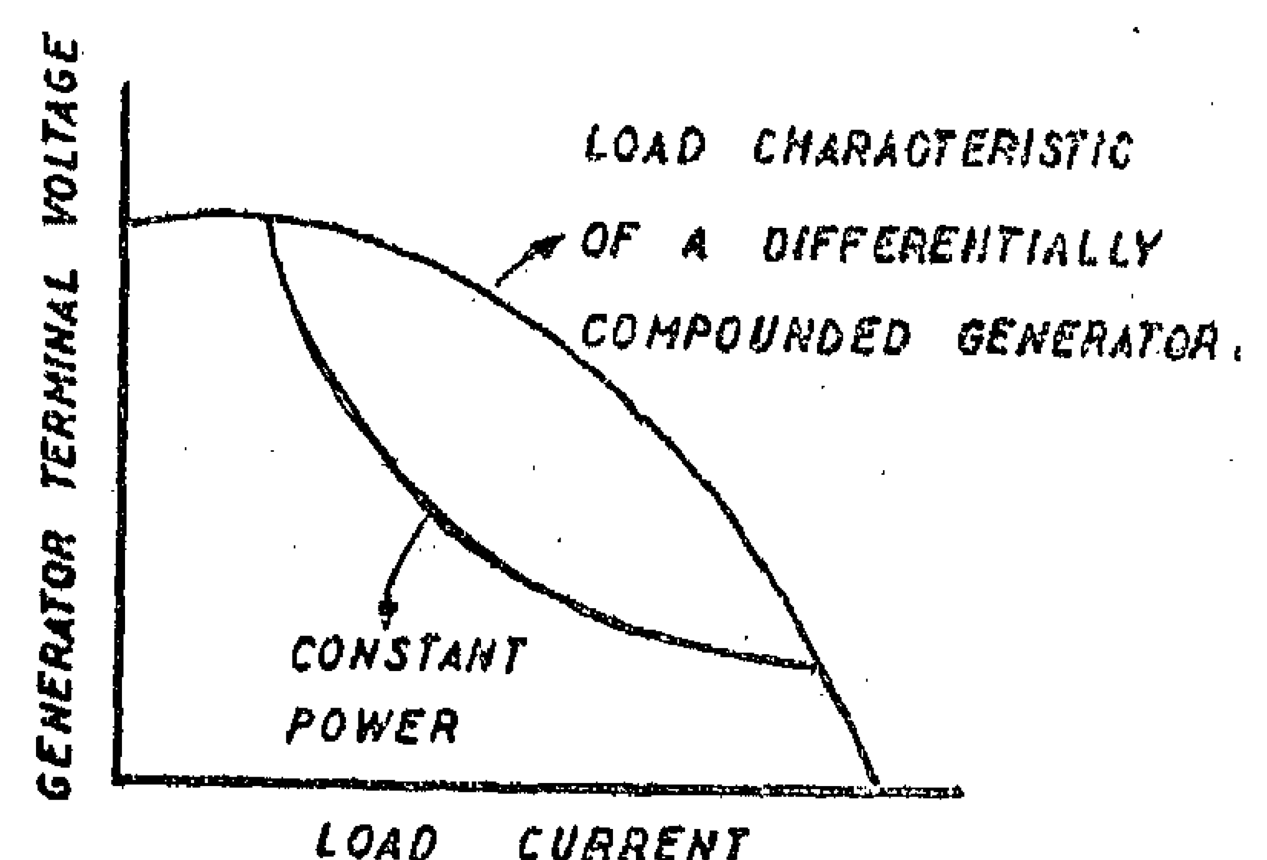


FIG (5)

CONSTANT POWER CHARACTERISTIC (IDEAL) AND LOAD CHARACTEISTIC OF DIFFERENTIALLY COMPOUNDED GENERATOR.

characteristic. In consequence, a geneerator of this type is totally unsuitable for traction diesel-engine loading unless combined with some other form of load supervision. The eng-

If the generator characteristic were made to follow the constant-horsepower characteristice at very low ampere value, the voltage would become very high; this would require a much larger generator than is needed for normal operation. The maximum voltage required from the generator is determined by the voltage required by the traction motors to provide the specified high-speed performance of the vehicle. At some point above this required high voltage point, therefore, the generator characteristic deviates from the constant-horsepower characteristic, this point of deviation is called the "Unloading Point". As the term indicates, this is the voltage value above which the full engine hosepower is not being utilized. That is, the engine is not fully loaded and its speed and output are controlled by the engine governor. The minimum ampere value for which the unloading point is set must be chosen with due consideration of the maximum voltage which the commutator of the generator will withstand and for the voltage required by the traction motors to meet the specified high-speed performance of the vehicle.

Therefore, the typical generator characteristic ABCDE (figure 3) is made up of a maximum voltage portion (AB), a full engine power portion (BC), a maximum useful tractive portion (CD), and an (IR) line (DE), representing standstill voltage. The crosshatched area outside the envelope ABCDE represents non-useful generator capacity. If point (A) represents the maximum generator voltage for which the machine is designed, it is desirable to have point (B) as near this voltage as possible. This will give maximum usefulness from the machine since point (B) represents the useful voltage available. Points in the area to the right of the constant horsepower line (BC) are not useful because the engine cannot deliver that much power. Points to the right of line (CD) are not useful because they lie in the area above practical adhesion limits. Points below line (DE) cannot occur because of motor resistance.

Two type of generators have been developed which generate the proper output characteristic for correct loading of the diesel engine. These two types, which are entirely different in principle, are the self-excited, shunt type generator and the separately-excited type with differential excitation.

4. Self-Excited Shunt Field Excitation System.

One type of generator which develops an output regulation characteristic which closely approximates the ideal characteristic and at the same time is quite simple in construction and necessary control equipment is a modification of the ordinary shunt wound, self-excited direct current generator. The modification consists of the addition of a small percentage of constant separate excitation from the vehicle battery and a special unsymmetrical shaping of the main pole face. The battery-excited field draws only a few amperes from the battery and is left on at all times; the purpose of this small amount of separate excitation is to provide a constant positive flux in the magnetic circuit, thus assuring rapid building up of voltage at the lower operating speeds. The unsymmetrical shaping of the main pole face is effected by tapering the pole face so as to make the air gap at the leading tip of the pole smaller than at the trailing tip; this is permissible because the generator rotation is unidirectional. This shaping of the pole face has the effect of shifting the load saturation curves close to the no-load curve, as the result of a compounding action which counteracts the effects of armature reaction to some degree. As a result, the field excitation provided by the combination of the self excited field and the battery excited field will closely approach that required for the ideal voltage regulation.

Since such a machine is fundamentally a shunt type generator, it has a typical shunt generator output characteristic when driven at a constant speed; as shown in figure (4). As indicated in that figure, the hosepower output (and therefore the input) varies widely at different points on the output character-

tive, resulting from their being too large and too heavy. In such cases it is, therefore customary to reduce the dimensioned output of the generator by field weakining or series-parallel connection of the traction motors, or by some special circuit arrangement. The field of the traction motors may be weakened in steps or continuously and automatically.

The most convenient method of starting the diesel engine is to use the main generator as a starting motor, thus eliminating the necessity for a separate starting motor and its gearing to the engine flywheel. A series motor characteristic is most desirable in order to provide high starting torque and the required firing speed and torque. Therefore, separate series main field winding is built into most generators for locomotive service. When starting, this field winding is connected in series with the armature and commutating field. This starting motor circuit is connected directly to the locomotive battery terminals until the diesel engine starts.

The ideal generator characteristic curve is one which supplies the correct voltage at any ampere load determined by the traction motors so that its horsepower output plus the losses within the generator will exactly equal the governed input to the generator from the diesel engine; under these conditions, the diesel engine can supply its full power at all times, thus eliminating the waste of available power caused by underloading the engine and the increased wear and maintenance cost caused by overloading it.

A generator for diesel electric locomotive is supplied with a definitely limited amount of power input and, therefore, the generator voltage cannot be maintained at a constant value over a wide range of ampere load. The diesel engine delivers a fixed amount of power to the generator, and this fixed number of horsepower, corresponds to a fixed number of kilowatts; these kilowatts may be expressed as the product of any number of amperes multiplied by a number of volts which is inversely proportional to the number of amperes. Therefore, if there is an increase in ampere load without a corresponding proportional decrease in generator voltage there will be an increase in power demand beyond the ability of the engine. It is also necessary to vary the voltage and current at which the available power is utilized in order to obtain the necessary variable speed-tractive effort characteristics, because a locomotive's tractive effort varies directly with the current flowing through the traction motors and locomotive speed varies in accordance with the voltage applied to the motor terminals.

FIG.(3)
TYPICAL GENERATOR CHARACTERISTIC.

Figure (3) shows the approximate volt-ampere output characteristic required of a generator to properly load such an engine. It will be noted that the shape of this characteristic is not typical of any standard type of generator. It could be possible, of course, to secure such an output characteristic by manually adjusting the exciting field strength of the generator in order to vary the voltage inversely with the variation in current output, but such a scheme is obviously impractical since it requires far too much attention by the operator. Systems of control should be automatic in operation and independent of close supervision. Therefore, it was necessary to devise a method for making a self-regulating generator which would automatically produce the desired output characteristic.

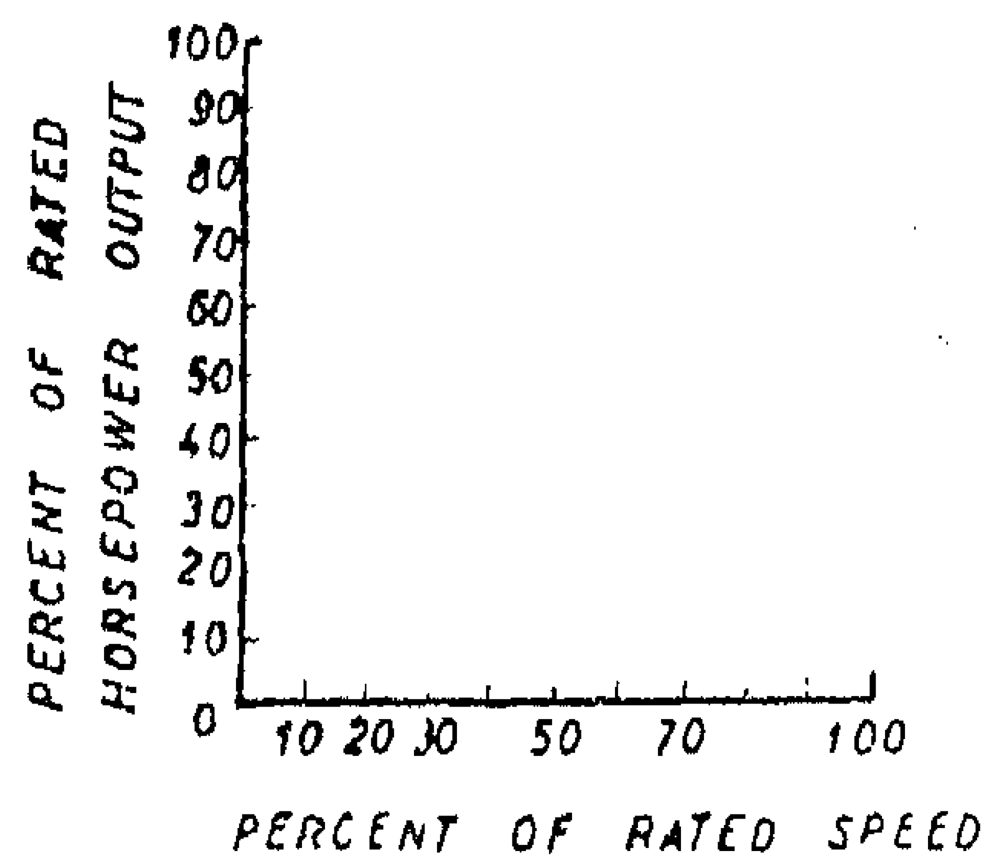


FIG (2)

OUTPUT CURVE FOR A TRACTION DIESEL ENGINE.

operate the engine at a speed and horsepower output lower than the normal rated value, but this is a waste of available power and results in a higher than normal expense per utilized horsepower. On the other hand, if an attempt is made to obtain more power from the engine than the governor setting will allow the engine to be overloades and will tend to slow down, thus actually producing less horsepower although the throttle is still set for full load. Such everloading, if severe enough, will seriously cause abnormal wear and deterioration of the moving parts; this will lead to unreasonably high maintenance and repair costs.

Therefore, the problem confronting the application of diesel power to a locomotive is to device a transmission system which will transmit the constant horsepower output of the engine to the driving wheels of the locomotive in the proper combination of tractive force and speed to allow utilization of the full engine horsepower throughout the range vehicle operation without overloading the engine. Various transmission systems designed to achieve this have been tried. The electrical method of transmission provides an effective means of transmitting the power from the engine to the vehicle wheels with a flexibility superior to any known form of mechanical drive.

Much of the success of the diesel engine for modern railroad motive power has been due to the development of load limiting characteristics built into the electrical system which permit utilization of the full engine output without overloading the engine.

Since one of the components of such a drive is the ELECTRICAL GENERATOR which is driven directly by the engine, the DESIGNER of the generator has the most direct opportunity to control the loading of the engine by proper regulation of the generator output characteristic.

3. *Analysis of the Output and Characteristic Requirements of the Main Generator.*

The dimensions and weight of the main generator are determined for a given speed of the diesel engine by the following factors. The starting and one-hour currents of the traction motors, and the maximum voltage corresponding to the upper speed limit at which full advantage should be taken of the output of the diesel engine. It is therefore evident that the size of the generator is not necessarily governed by the output of the diesel engine, but that it varies with the haulage conditions of the train, particularly being governed by the trailing load and the running speed. The one-hour and continuous current ratings determine the temperature in the main current-carrying elements, such as the armature winings, commutating field windings, and commutator. For the temperature rise of the field winding the governing factor is the maximum speed or the maximum voltage at corresponding excitation current. Although the two values, high voltage and high current, do not occur simultaneously, the size of the generator must be determined by the product of the one-hour current and the maximum voltage-representing the power for which it is dimensioned — for reasons associated with the temperature rise.

Particularly with high outputs it is important for the power for which the generator is dimensioned to be kept within acceptable limits, so that no difficulties are experienced when assembling the machines in the locomo-

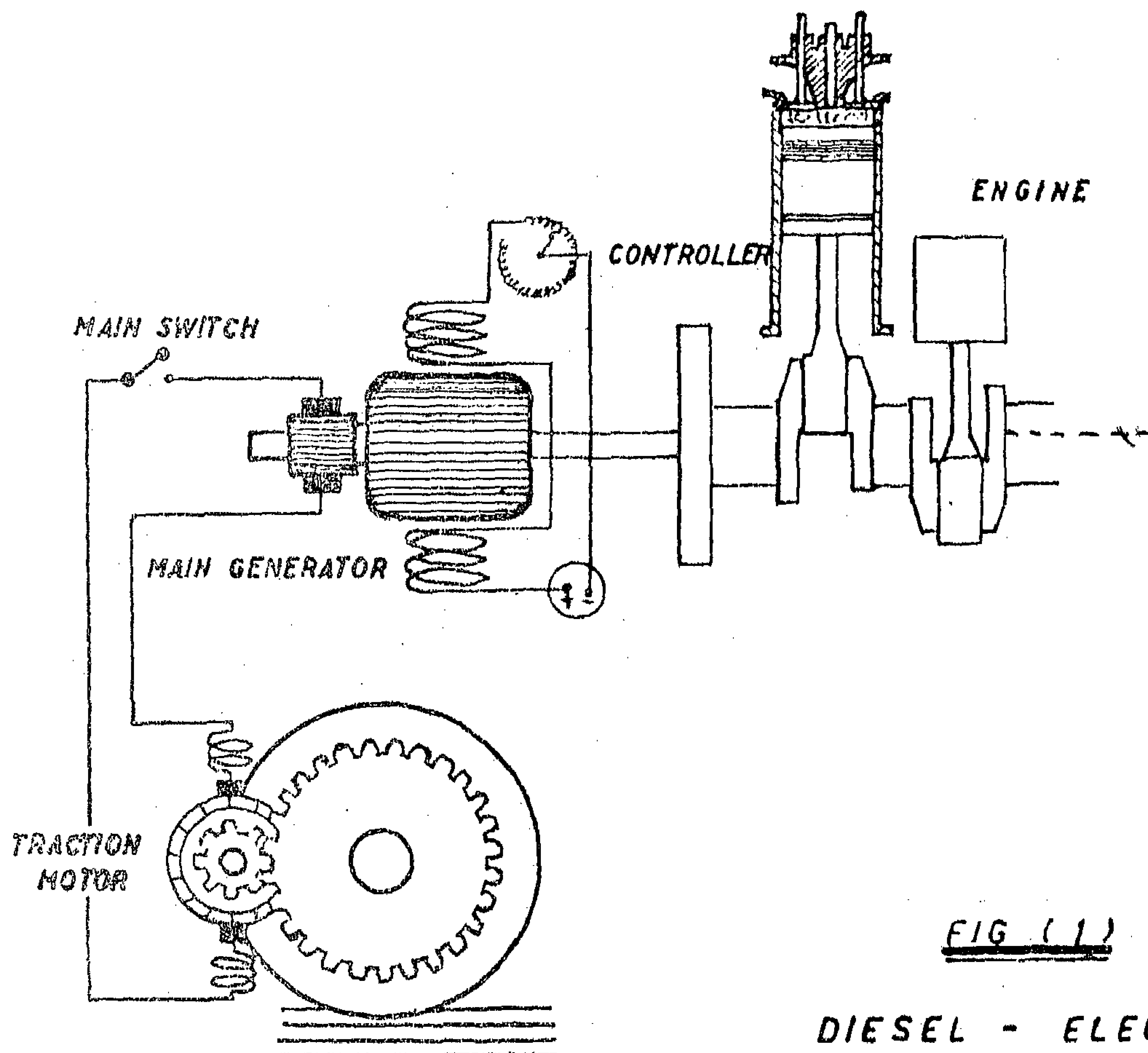


FIG (1)

DIESEL - ELECTRIC TRANSMISSION

and by specially arranging its characteristic or by employing a suitable control system, it can feed the traction motors with variable voltage and current, depending on the speed or tractive effort required. The various auxiliaries are fed by an auxiliary generator which is mounted on the main shaft in the majority of cases.

2. Traction Diesel Engine Performance :

Performance of a diesel-electric locomotive-generator depends on performance of the diesel engine. The diesel engine adopted for traction is a constant speed, constant power machine. While these same characteristics fit it desirably for economically developing a fixed amount of power at a fixed speed also make it unsuitable for directly driving a locomotive, which requires a great deal of tractive effort at low train speeds for starting and acceleration and much less tractive effort at the higher speed. The full power of the engine is developed when it is operating at its full speed; this maximum speed and hence the maximum horsepower output are determined by the engine's governor setting, which is fixed by the engine manufacturer in accordance with design and test data at a point which combines satisfactory output with a reasonable operating and mainteanance cost. A typical traction diesel engine characteristic is shown in figure (2).

From this characteristic curve it is seen that the output increases with rising speed, and in the region of full throttle opening the output is approximately a linear function of the engine speed. Of course, it is possible to

ANALYSIS OF GENERATORS DESIGNED FOR ELECTRICAL TRANSMISSION IN DISEL VEHICLES

By

M.A. SHIMY MANSOUR,
(SM IEEE, Dr. Techn., Can. Techn. Sc.)*

SUMMARY

The Diesel electric railway electrification has developed rapidly and has been adopted in recent years in different parts of the world.

The paper discusses various types of generator control excitation circuits which have been or could be used on such vehicles, and the many factors which influence the choice of such circuits. The principal aim of the treatment is to bring together the characteristics of the Diesel engine and traction generator; and to discuss the advantages and disadvantages of the various ways in which these items can be put together to form a complete efficient traction vehicle.

It is hoped that this analysis will serve to give a detailed idea of the problems which confront an engineer in the selection of the control equipments designed for the excitation of Diesel electrical traction generators.

1. General Remarks on Electrical Transmission :

Because of the unfavourable performance of the diesel engine when running, it is not always possible to transmit its power direct to the driving axles of a rail locomotive, or at least it is uneconomical. The electrical method of transmission (illustrated in figure (1) makes it possible for the power of the diesel engine, or its unsuitable torque characteristic, to be adopted to the requirements of railway traction. It completely fulfils these requirements, while gaining full benefit from the output of the diesel engine, yet imposing no undue stresses upon it.

The elements of the transmission system may be split into the following two groups :

— the current generator,

— the traction motors.

With electrical transmission the following advantages are gained :

— Very simple operation.

— Smooth starting without any shock.

— Starting with full torque from standstill.

— High starting tractive effort withuot overstraining.

— The speed is automatically adapted to the tractive effort with varying load and gradients, while maintaining constant output form the diesel engine.

— The diesel engine can be run in the most suitablee speed range, enabling it to achieve a low fuel consumption and long life.

For the electrical power transmission a main generator is coupled to the diesel engine,

* Assistant Professor, Cairo University.

2. While the points of contraflexure in the vertical members coincide almost invariably with their mid-points, yet the points of contra-flexure in the chords depend on the position of the loads as well as on the relative stiffness of the different members.

3. For indirect loading, the forces and moments in the two equal chords of the Vierendeel girder are nearly the same. This is not the case by direct loading. Besides, the effect of a direct application of the load is not limited to the loaded panel only.

4. The solution of the Vierendeel girder with equal chord stiffness can be simplified by introducing hinges in the mid-points of the verticals. In this way, the 3n times indeterminate system is replaced by an n times indeterminate equivalent system, in which there is only one redundant moment in every panel.

REFERENCES

1. I.A. el-Demirdash, "Statics of the Vierendeel Girder", Vol. XII, I.A.B.S.E. Publications, 1952.

2. F. Stüssi, "Baustatik II", Verlag Birkhäuser, Basel/Stuttgart 1954.

3. R. Saliger, "Stahlbetonbau", Verlag Franz Deuticke, Wien, 1956.

4. L. Musette et E. Robert, "Note sur le Calcul des Poutres Vierendeel", I.A.B.S.E. Publications, Vol. XV, 1956.

5. I.A. el-Demirdash and H.A. Abdel Wahab, "The Continuous Vierendeel Girder", Bulletin of the Faculty of Engineering, Cairo University, 1958.

6. I.A. el-Demirdash," Der durchlautende Rahmenträger," Vol. XIX, I.A.B.S.E. Publications, 1959.

7. I.A. el-Demirdash and H.A. Abdel Wahab, "Deformations of the Vierendeel Girder", Journal of the Egyptian Society of Engineers, Vol. VIII, No. 1, 1969.



4. *APPROXIMATE SOLUTION OF THE VIERENDEEL GIRDER, WITH EQUAL CHORD STIFFNESS*

The foregoing analysis of the Vierendeel girder with equal chord stiffness has shown that, for all cases of indirect panel-point loading, the bending moments produced at the ends of every vertical member are almost equal in magnitude, but pposite in sign. Consequently, there will be no bending moments at the centre of the verticals and the points of contraflexure will almost coincide with their mid-points. This characteristic can be utilised in simplifying the solution of the 3n times statically indeterminate problem

By introducing hinges at the mid-points of all vertical members, with the exception of one post only, an equivalent system, Fig. 7a, is formed for which the internal forces and moments would not differ substantially from those of the original system. However, the proposed equivalent system is only n times statically indeterminate, where n is the number of panels. Instead of 3 redundant values, as in the original system, every panel of the equivalent system will contain one redundant moment only, with a corresponding case of virtual loading X = 1t. m, as shown in Fig. 7b.

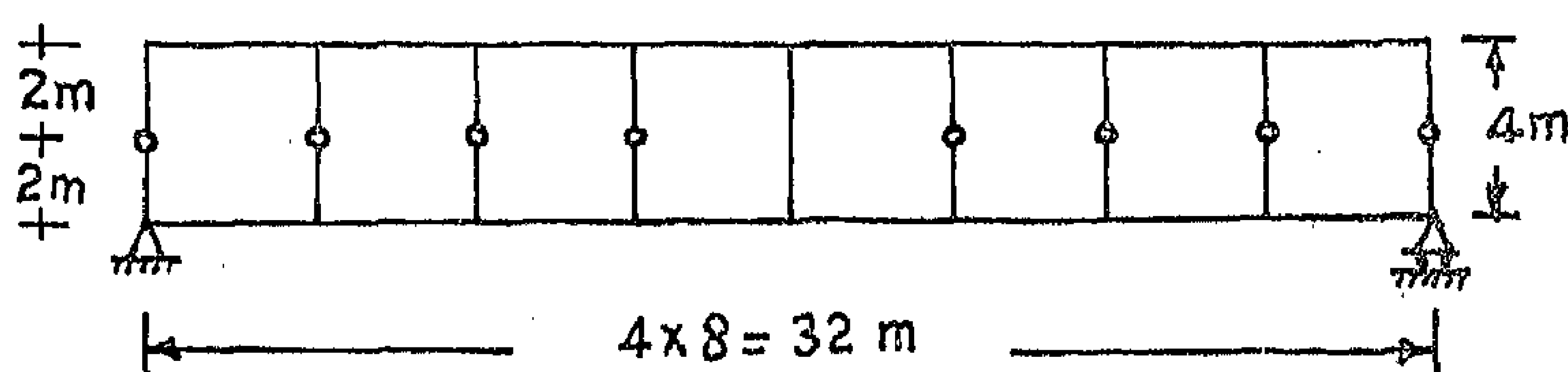
In order to check the accuracy of such a procedure, the bending moments, axial and shearing forces of the Vierendeel girder, Fig. 1, have been calculated. The results obtained give the ordinates of the influence lines of the internal forces and moments for the indirect loading of the lower chord points. They have been found by considering the effects of bending moments, axial and shearing forces and are shown in the last columns of table 1. Moreover, the values obtained for a central load P_5 = 1t are shown in Fig. 5.

A comparison drawn betweeen the corresponding values shows clearly that the proposed solution yields almost correct results. The coincidence with the exact values, obtained by considering the effect of the bending moments, axial and shearing forces, is remarkable. The conventional solution of the problem as a 3n times indeterminate system is quite unnecessary.

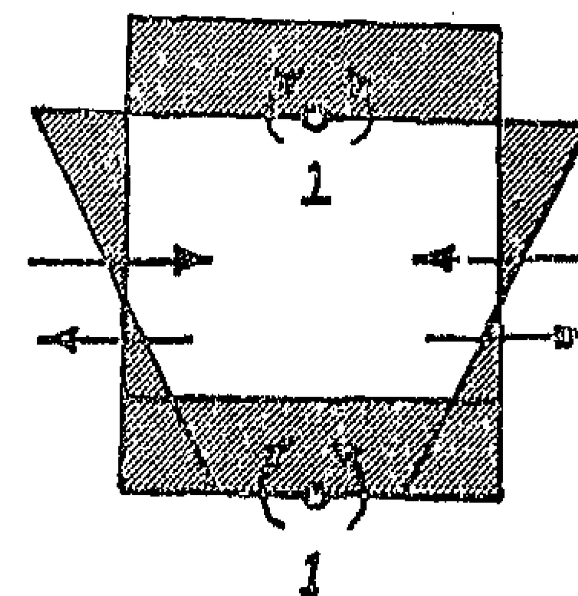
In short, the proposed solution of replacing the Vierendeel girder of equal chord stiffness by an equivalent system with hinged verticals is fully justified. It leads to a heavy reduction in the amount of mathematical computations and gives an almost right answer. Moreover, it can be applied to a Vierendeel girder with parallel or polygonal chords of equal stiffness.

CONCLUSIONS :

1. Although the contributions of the normal and shearing forces to the deformations of the Vierendeel girder cannot be neglected, yet the stresses obtained, considering the effect of the bending moments only, are good approximations of the actual values.



a. Equivalent System



b. Redundant X= 1 m.t

Fig. 7. Proposed Solution of the Vierendeel Girder.

II — *Considering the Effect of the Bending Moments and Axial Forces :*

1. The internal forces and moments obtained in this way are good approximations of the real values. The differences are of no practical importance, so that the effect of the shearing forces can be safely left out. These forces have a relatively small influence on the strains, but almost none on the stresses of the Vierendeel girder.
2. The points of contraflexure in the verticals almost coincide with their mid-points. The discrepencies are really negligible.
3. The points of contraflexure in the chord memvers do not coincide with their mid-points. Specially in the vicinity of the load, they lie further outward. At the ends of the girder, the deviations from the mid-points are slightly smaller than those due to the effect of the bending moments only. In contrast to this, they are bigger in the panels adjacent to the load. Besides, these deviations are generally smaller in the lower chord than in the upper chord. However, the differences are small and can be safely ignored.
4. The axial forces in the vertical members are almost the same as those of the hinged main system. This applies also to the shearing forces in the chord members.
5. The axial forces in the upper and lower chord members are equal. On the whole, they are slightly smaller than those obtained by considering the effect of the bending moments only. On the other hand, the shearing forces of the loaded lower chord are slightly bigger than those of the unloaded upper chord.

III — *Considering the Effect of the Bending Moments, Axial and Shearing Forces:*

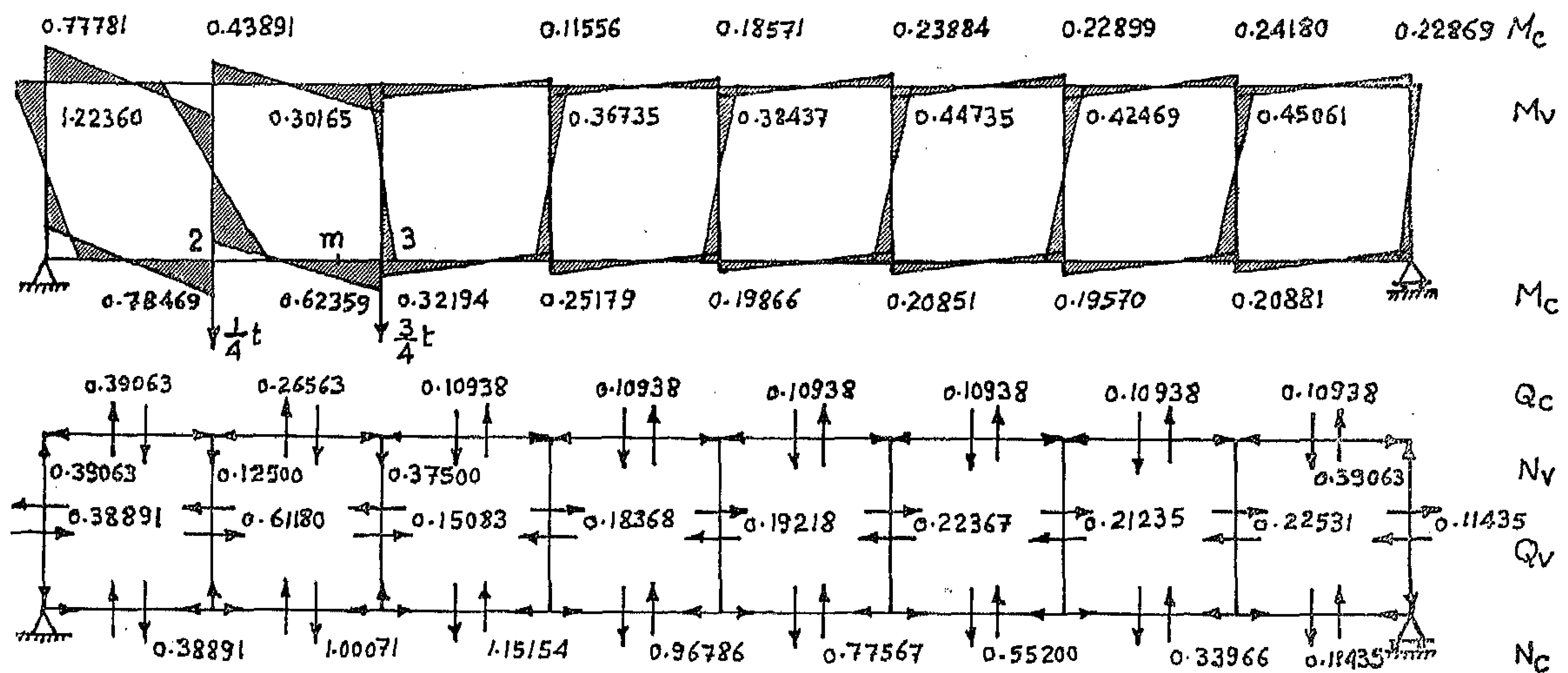
1. The deviations of the points of contraflexure from the mid-points of the vertical members are negligible. The axial forces in the verticals & the shearing forces in the chords are almost the same as those of the hinged main system. The maximum error in this approximation is about 2%.
2. The deviations of the points of contraflexure from the mid-points of the upper and lower chord members are slightly different. However, the difference is small and can be ignored.
3. The numerical analysis of the worked-out example has shown that the effect of the deformations due to normal forces in the chord members and shearing forces in the verticals is more significant as compared with that of the deformations due to normal forces in the verticals and shearing forces in the chord members.

B. Case of Indirect Loading.

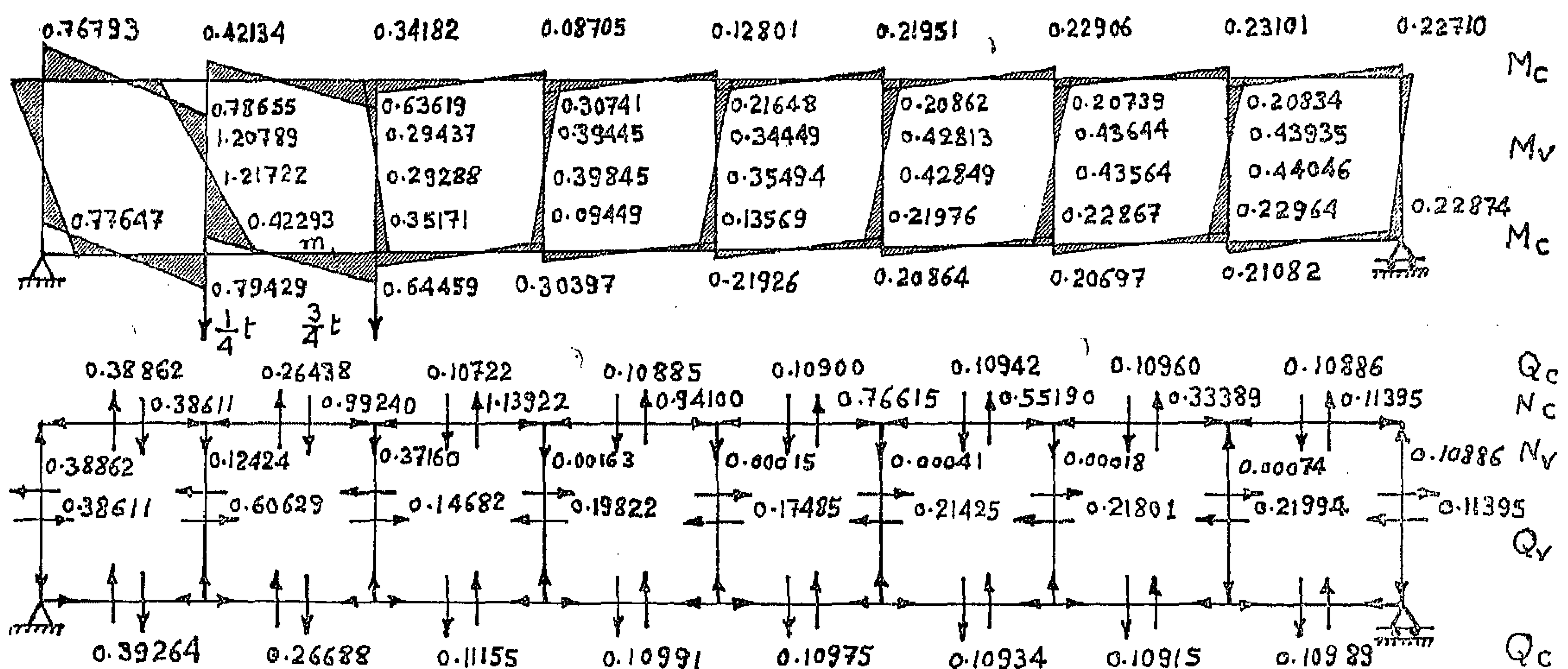
1. The values obtained by considering the effect of the bending moments only are fair approximations of the accurate ones. Including the effect of the axial forces does not improve the results substantially. In short, there is no need to include the effects of axial or shearing forces in the calculation of the stresses due to direct loading. It must be reminded, however, that the effects of these forces on the strains cannot be ignored.
2. In the vicinity of the direct load, the points of contraflexure do not coincide with the mid-points of the chord members or verticals. Further away from the loading, these points move towards the centres of the corresponding members.
3. Although the Vierendeel girder, which is here treated, has equal chord stiffness, yet the shearing forces and bending moments in the upper and lower chord members are not equal. In the case of indirect loading, these forces and moments are almost equal to one another.
4. The effect of a direct applicaiton of the load is not limited to the loaded panel only, but extends over some further panels on either side. How far this effect goes is clear from a comparison of Figs. 6a and 6b, which give the internal forces and moments due to a direct and indirect load P_m=1t. respectively.

Fig. 6b. Bending Moments (m.t.), Axial and Shearing Forces (t) for an Indirect Load $P_m = 1t$, ($P_2 = \frac{1}{4}t$ and $P_3 = \frac{3}{4}t$).

a. Considering δ_M.



b. Considering δ_{M+N}.



c. Considering δ_{M+N+Q}.

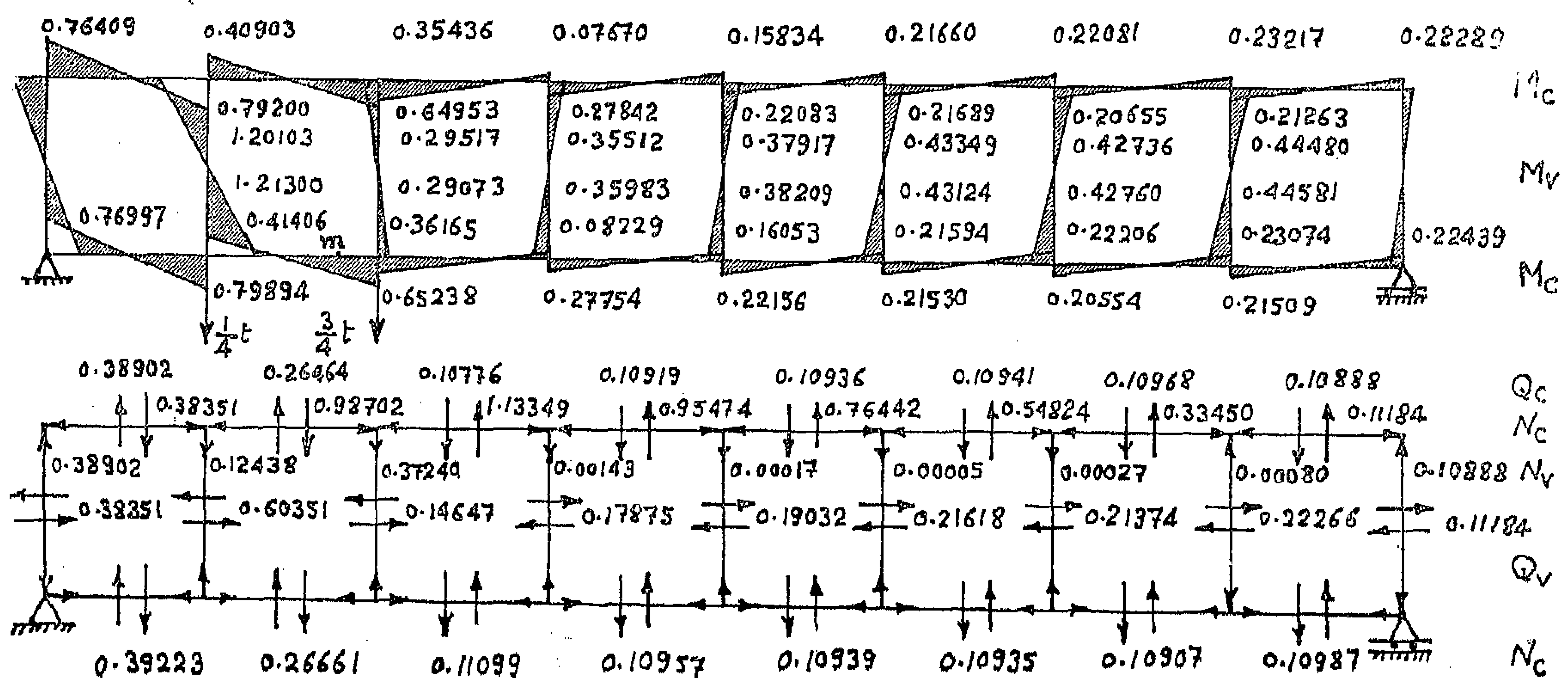
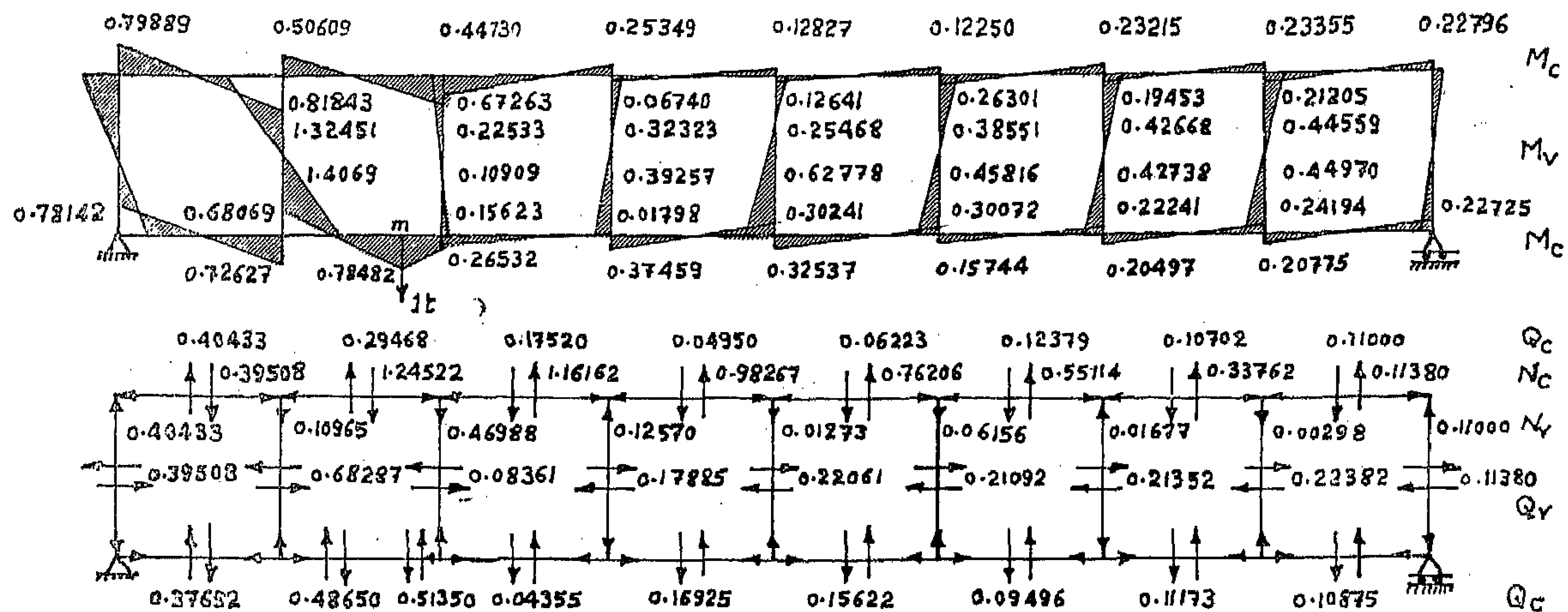
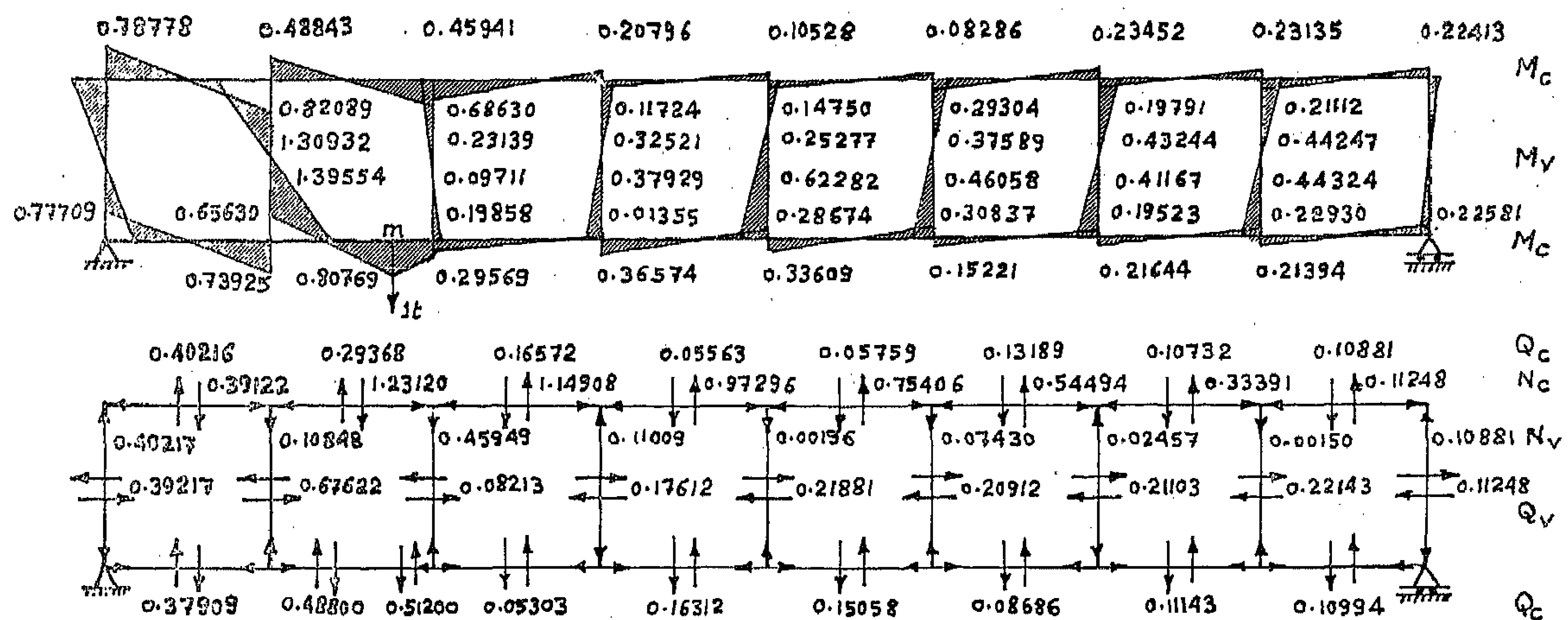


Fig. 6a. Bending Moments (m.t.), Axial and Shearing Forces for a Direct Unit Load $P_m = 1t$.

a. Considering δ_M.



b. Considering δ_{M+N}.



c. Considering δ_{M+N+Q}.

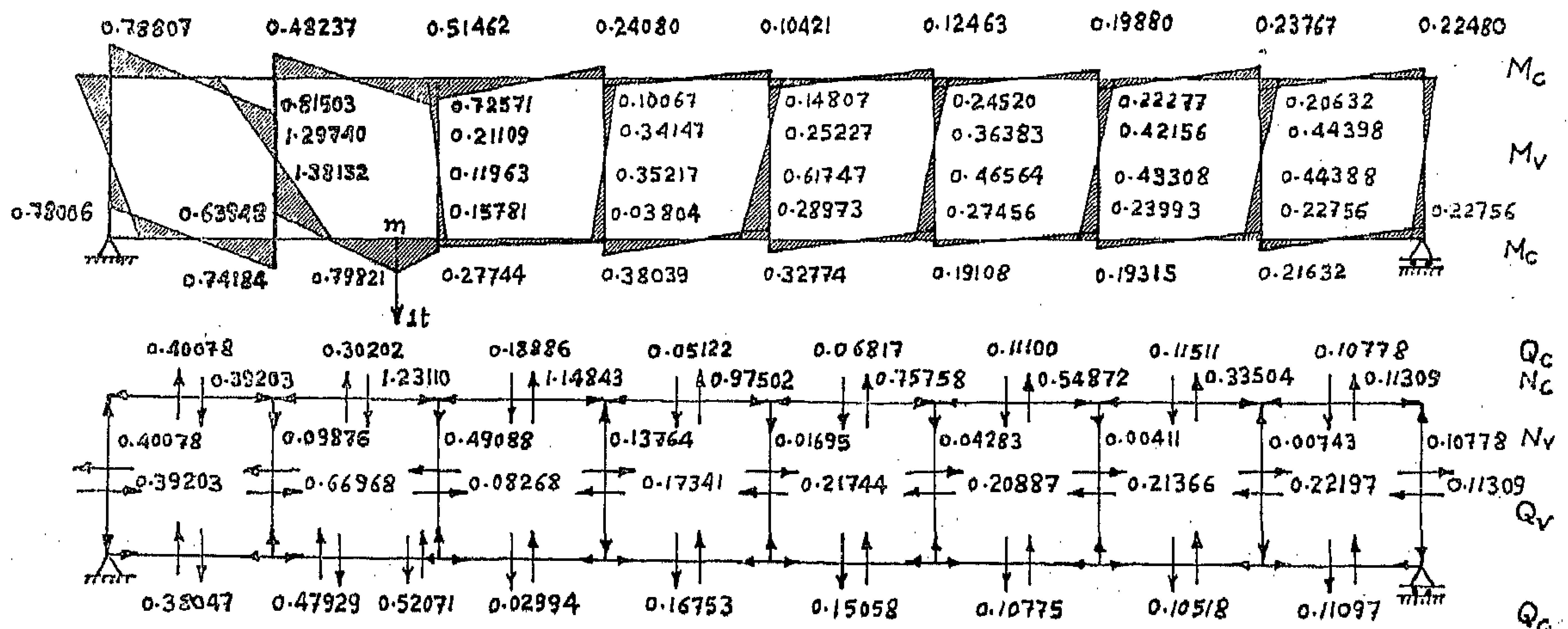
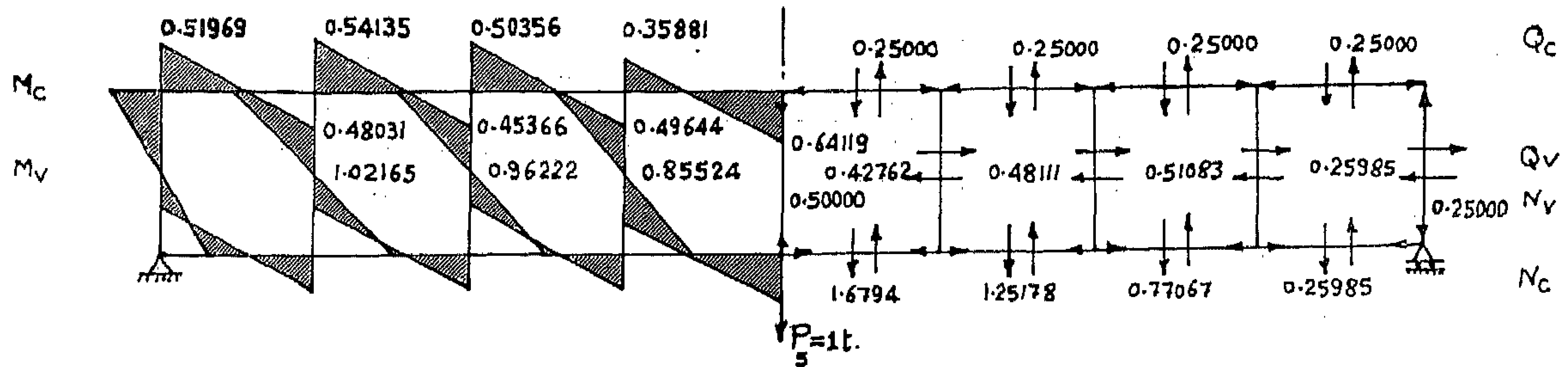
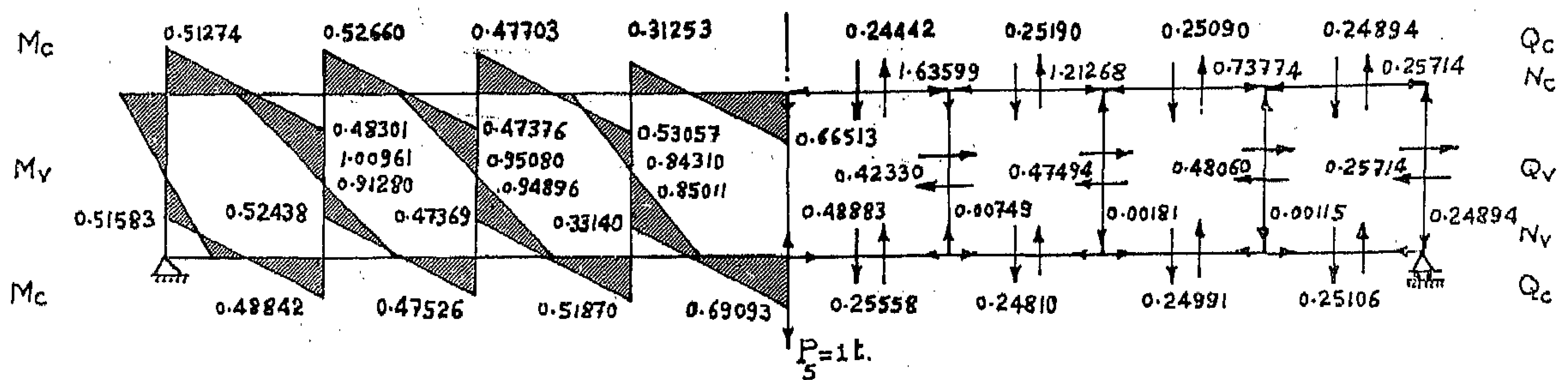


Fig. 5. Bending Moments (m.t.), Axial and Shearing Forces (t) for an Indirect unit Load $P_5 = 1t$.

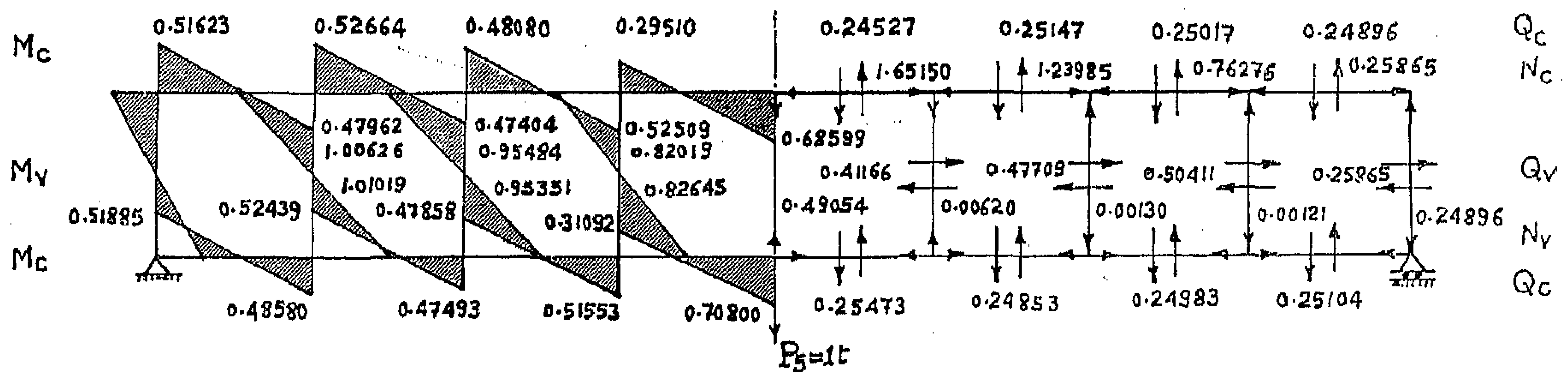
a) Considering δ_M.



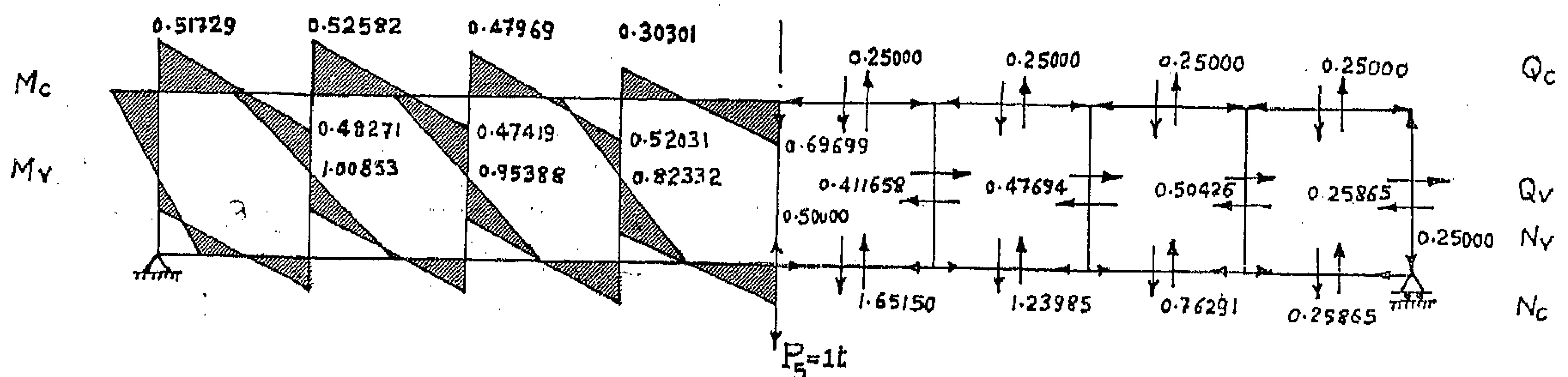
b) Considering δ_{M+N}.



c) Considering δ_{M+N+Q}.



d) Proposed Solution.



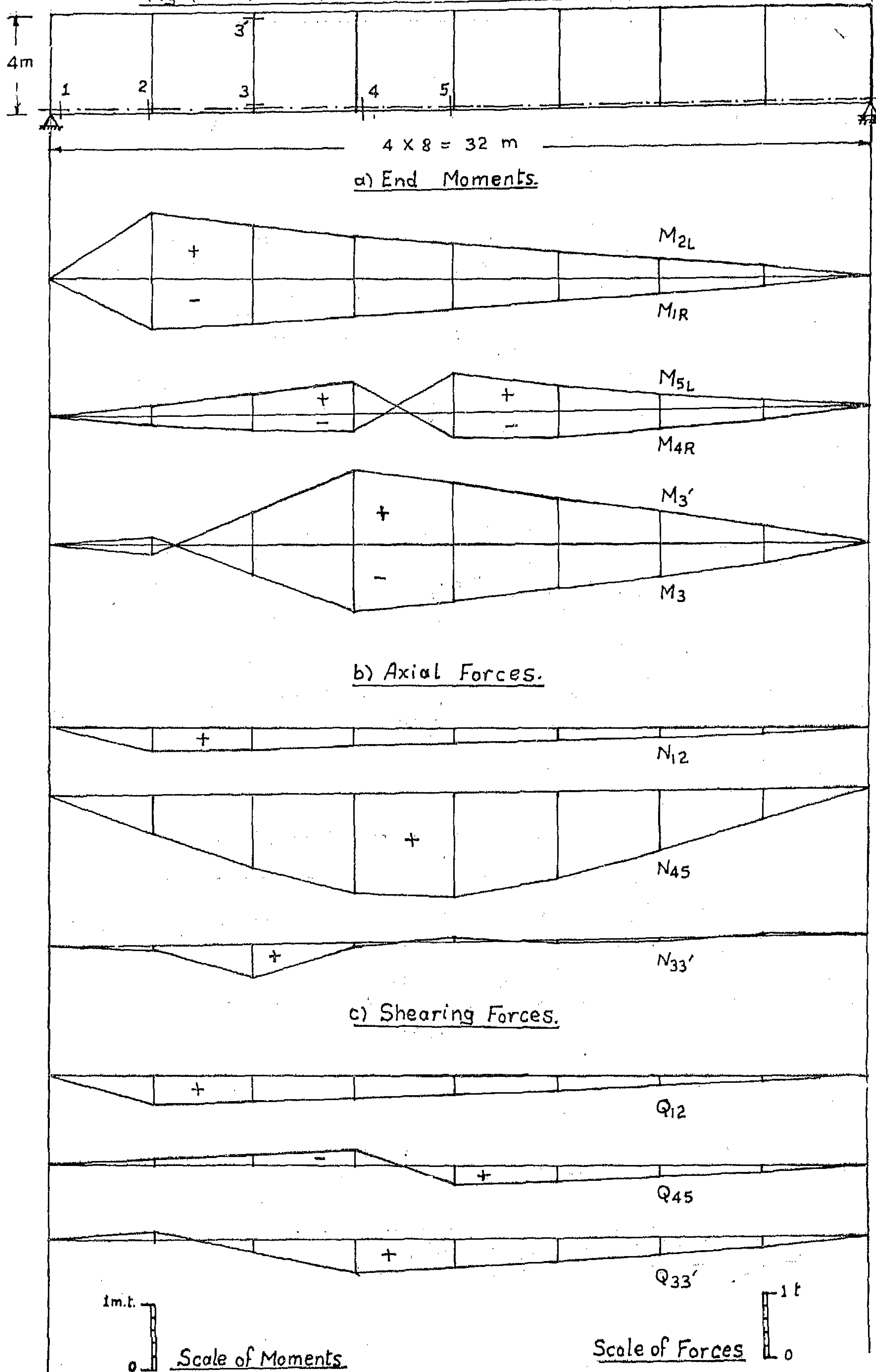
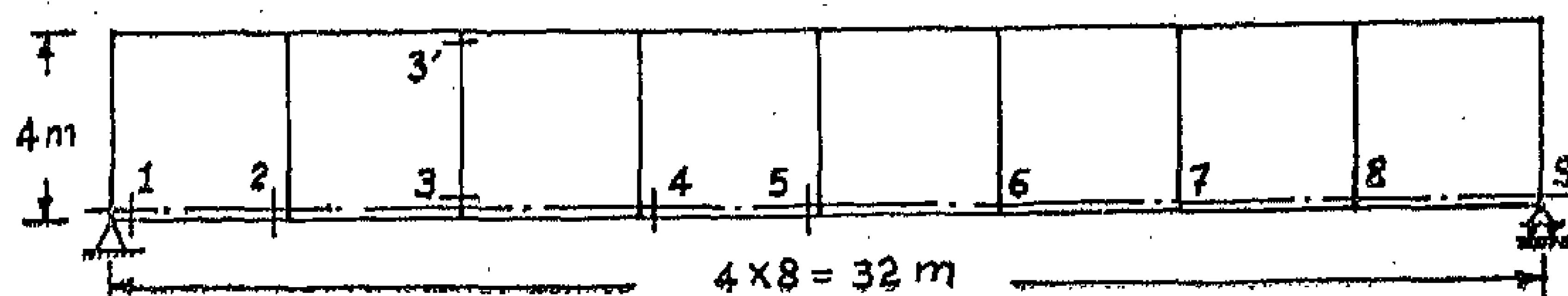


Fig. 4. Influence Lines of the Vierendeel Girder.
4m
1
2
3
3'
4
5
4 X 8 = 32 m
a) End Moments.
M_{2L}
M_{1R}
M_{5L}
M_{4R}
$M_{3'}$
M_3
b) Axial Forces.
N_{12}
N_{45}
$N_{33'}$
c) Shearing Forces.
Q_{12}
Q_{45}
$Q_{33'}$
1m.t.
0
Scale of Moments
Scale of Forces
1 t
0

Table 1. Bending Moments, Axial and Shearing Forces for Indirect Panel-Point Loading.



Point	I.L. M_{1R} Considering			Proposed Solution	I.L. M_{2L} Considering			Proposed Solution	I.L. M_{4R} Considering			Proposed Solution
	δ_M	δ_{M+N}	δ_{M+N+Q}		δ_M	δ_{M+N}	δ_{M+N+Q}		δ_M	δ_{M+N}	δ_{M+N+Q}	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.81032	0.80643	0.80091	0.79515	0.93968	0.96092	0.96545	0.96484	-0.13932	-0.15223	-0.15228	-0.15199
3	0.76697	0.76527	0.75965	0.75763	0.73803	0.73742	0.74344	0.74235	-0.28925	-0.31660	-0.31563	-0.31815
4	0.65824	0.64382	0.64715	0.64496	0.59176	0.61278	0.60889	0.60504	-0.53505	-0.57939	-0.59291	-0.58471
5	0.51969	0.51583	0.51835	0.51729	0.48031	0.48842	0.48580	0.48271	0.35881	0.33140	0.31092	0.30301
6	0.39999	0.38713	0.38936	0.38817	0.35003	0.36634	0.36373	0.36183	0.35834	0.34620	0.34151	0.34233
7	0.25996	0.26194	0.25596	0.25505	0.24004	0.24041	0.24643	0.24495	0.23863	0.25053	0.24708	0.25249
8	0.13488	0.12915	0.12968	0.12940	0.11512	0.12207	0.12106	0.12060	0.11815	0.12735	0.12283	0.12730
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I.L. M_{5L}				I.L. M_3				I.L. $M_{3'}$			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-0.11068	-0.09865	-0.09809	-0.09801	-0.14762	-0.16452	-0.15731	-0.15503	-0.14762	-0.15988	0.15277	-0.15503
3	-0.21075	-0.14550	-0.18134	-0.18185	0.45141	0.44527	0.44007	0.44228	0.45141	0.44579	0.44449	0.44228
4	-0.21595	-0.18781	-0.17108	-0.16529	1.09300	1.08289	1.07549	1.07332	1.09300	1.07761	1.07115	1.07332
5	0.64119	0.69093	0.70800	0.69699	0.96222	0.94896	0.95351	0.95387	0.96222	0.95080	0.95484	0.95388
6	0.37189	0.39681	0.40360	0.40767	0.73387	0.72598	0.72944	0.72979	0.73387	0.72250	0.73016	0.72980
7	0.22749	0.25039	0.25300	0.24751	0.48916	0.49811	0.48909	0.48986	0.48916	0.50089	0.48864	0.48986
8	0.11217	0.12244	0.12724	0.12271	0.23146	0.24301	0.24314	0.24332	0.23146	0.24309	0.24352	0.24332
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I.L. N_{1-2}				I.L. N_{4-5}				I.L. $N_{3-3'}$			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.40516	0.40017	0.39758	0.39758	0.55534	0.54923	0.54901	0.54901	0	0.00492	0.00411	0
3	0.38349	0.38166	0.37883	0.37883	1.10534	1.06967	1.09093	1.09093	0.50000	0.49382	0.49517	0.50000
4	0.32912	0.32076	0.32248	0.32248	1.60797	1.59037	1.58264	1.58264	0	0.00582	0.00530	0
5	0.25935	0.25714	0.25865	0.25865	1.67940	1.63598	1.65150	1.65150	0	-0.00181	-0.00130	0
6	0.19999	0.19290	0.19408	0.19409	1.31406	1.29896	1.29617	1.29617	0	-0.00004	0.00024	0
7	0.12998	0.13051	0.12758	0.12753	0.88627	0.87518	0.87376	0.87624	0	0	0.00079	0
8	0.06744	0.06430	0.06470	0.06470	0.44392	0.43371	0.43866	0.43865	0	0.00016	-0.00007	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I.L. Q_{1-2}				I.L. Q_{4-5}				I.L. $Q_{3-3'}$			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.43750	0.43316	0.43341	0.43750	-0.0625	-0.06228	-0.06241	-0.0625	-0.0738	-0.08109	-0.07752	-0.07752
3	0.37500	0.37433	0.37423	0.37500	-0.12500	-0.12198	-0.12576	-0.12500	0.22570	0.22277	0.22114	0.22114
4	0.31250	0.31085	0.31099	0.31250	-0.18750	-0.18320	-0.18400	-0.18750	0.54650	0.54012	0.53666	0.53666
5	0.25000	0.24894	0.24896	0.25000	0.25000	0.24442	0.24527	0.25000	0.48111	0.47494	0.47708	0.47694
6	0.18750	0.18663	0.18673	0.18750	0.18750	0.18925	0.18872	0.18750	0.36694	0.36212	0.36480	0.36490
7	0.12500	0.12442	0.12440	0.12500	0.12500	0.12477	0.12498	0.12500	0.24458	0.25000	0.24443	0.24493
8	0.06250	0.06220	0.06232	0.06250	0.06250	0.06255	0.06248	0.06250	0.11573	0.12153	0.12166	0.12166
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

The results of all three solutions for the indirect panel-point loading of the lower chord are shown in table 1. They supply the ordinates of the influence lines for the end moments of the chord members 1-2 and 4-5 as well as the vertical 3-3′. Besides, they give the values of the axial and shearing forces produced in the three members. The corresponding influence lines are drawn in Fig. 4.

In addition, the bending moment diagrams, as obtained from the deformations δ_{M}, δ_{M+N}, and δ_{M+N+Q} respectively for a unit load $P = 1t$ acting at the middle panel-point 5 are shown in Fig. 5. The positions of the points of contraflexure in the different members are clear from figure. The corresponding axial and shearing forces are also given.

Furthermore, the bending moments, axial and shearing forces obtained from the 3 different solutions for a unit load $P_m = 1t$ acting directly in the quarter point m of the chord member 2-3 are shown in Fig. 6a. For the sake of comparison, the corresponding internal forces and moments for a load $P_m = 1t$ acting indirectly at point m, i.e. for the the two loads $P_2 = \frac{1}{4}\, t$ and $P_3 = \frac{3}{4}\, t$, are shown in Fig. 6b.

In this way, a complete picture of the internal forces and moments produced in the Vierendeel girder by direct and indirect loading is obtained. Moreover, the results of the three solutions show, for every case of loading, how far the contributions of the bending moments, axial and shearing forces bear separately upon the problem.

3. *DISCUSSION OF THE RESULTS :*

A study of table 1 and figures 4, 5 and 6 (a & b) show the following characteristics :

A. Cases of Indirect Loading.

I — Considering the Effect of the Bending Moments only :

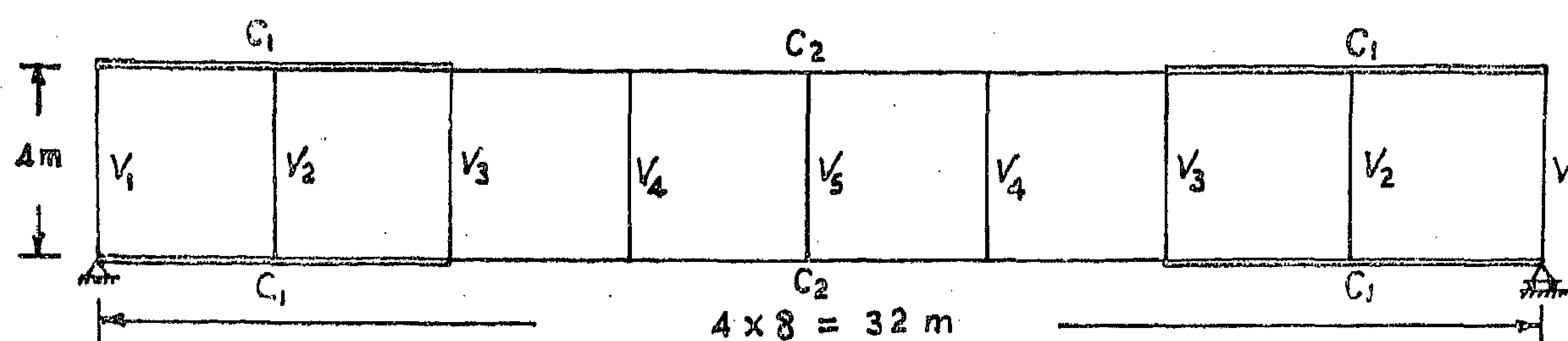
1. The results obtained under this assumption are fair approximations of the internal forces and couples produced in the girder. Consequently, the effect of the axial and shearing forces may be neglected, in calculating the stresses of the Vierendeel girder.

   It is, however, wrong to conclude that these forces have a negligible influence on the strains. On the contrary, the contributions of the axial forces are of the same order as those of the bending moments [5, 6]. But the ratio of the latter to the total deformations of the Vierendeel girder is almost the same for the different cases of loading[7]. This is the reason why the effect of the axial and shearing forces on the stresses of the Vierendeel girder can be disregarded, in spite of the fact that their effect on the strains cannot be neglected.

2. Owing to the equal sections of the upper and lower chords, the points of contraflexure in the vertical members coincide with their mid-points. In this way, the Vierendeel girder can be substituted by an equivalent system in which the verticals are provided with central hinges. Such a system has one redundant moment only in every panel.

3. The points of contraflexure in both chord members lie on the same vertical line. Consequently, the shearing forces in the upper and lower chords will be equal to one another. Furthermore, the normal forces in the verticals will be equal to half the corresponding panel loads.

   However, the points of contraflexure in the chords do not coincide with their mid-points. In the vicinity of the load, they lie further outside and move inwards towards the mid-points in the outer panels. Their position depends on the case of loading as well as on the relative rigidity of the chords and verticals. This explains why, the approximate formulae proposed by Saliger[8] for the position of these points fail to give satisfactory results.



Member	C_1	C_2	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
EI ($t.cm^2$)	385728000	341978000	354692000	576778000	398442000	345242000	208672000
AE (t)	852560	742560	1113840	157840	1323840	987840	777840
GA' (t)	192671	106218	250836	350406	336857	164438	155442

Fig. 1. Vierendeel Girder with Equal Chord Stiffness.

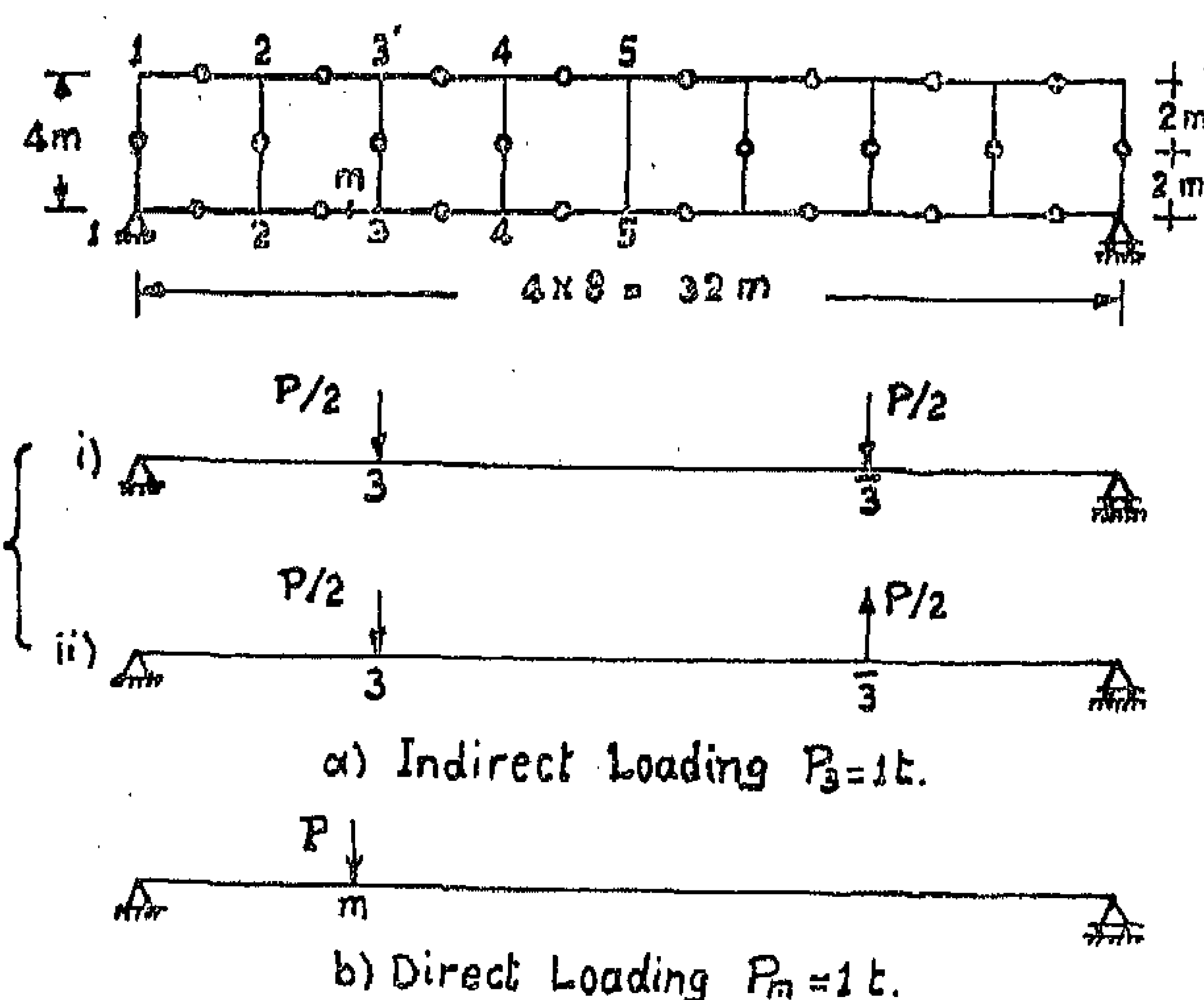


Fig. 2. The Hinged Main System.

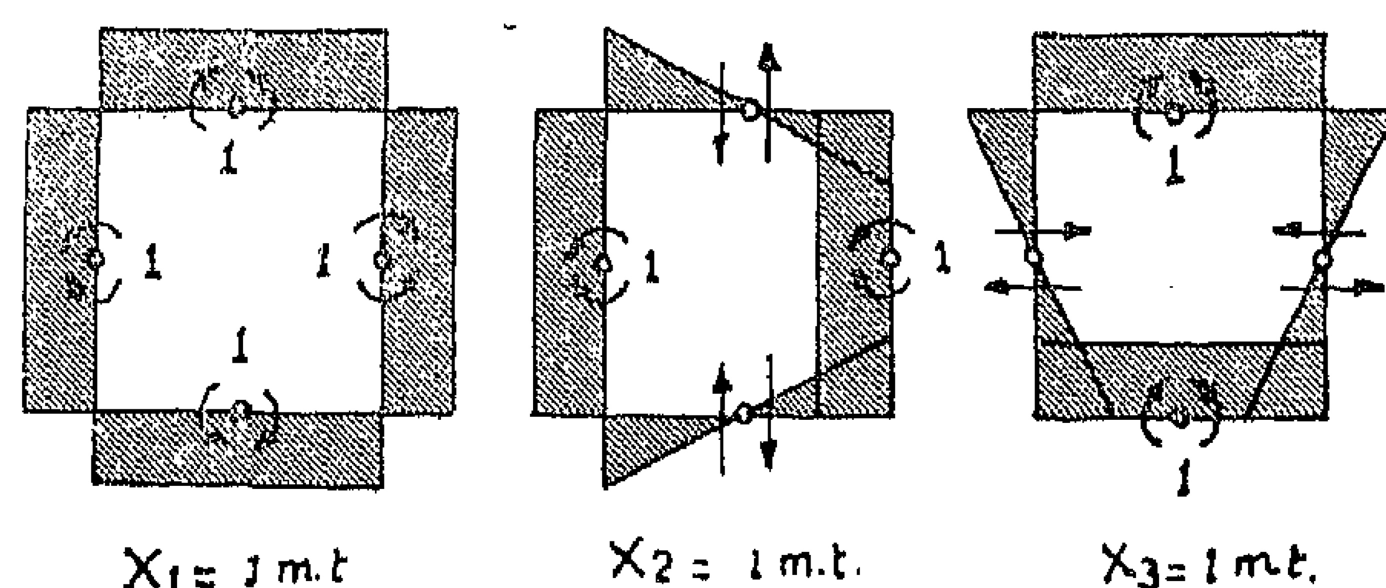


Fig. 3. Moment Groups in First Panel.

picture of the end moments, axial and shearing forces produced in the Vierendeel girder is obtained. Besides. the case of a unit load acting directly at the quarter point of the second lower chord member is also treated. The amount of mathematical calculations is reduced to a great extent by assuming each case of loading as being composed of a symmetrical and an antisymmetrical case of half loading, as shown in Fig. 2.

In every case, the solution of the statically indeterminate Vierendeel girder is carried out in three steps, namely :

1. Considering the effect of the bending moments only,

2. Considering the effect of the bending moments sand axial forces, and

3. Considering the effect of the bending moments, axial and shearing forces together.

STRESSES IN VIERENDEEL GIRDERS

By

*I.A. El-DEMIRDASH, Dr. sc. techn. (E.T.H.)

and

**H.A. ABDEL WAHAB, Dr. — Ing.

1. *INTRODUCTION :*

Most of the methods proposed for the solution of the Vierendeel girder generally neglect the effect of the axial and shearing forces on the strains and, subsequently, on the stresses produced in the system. However, the actual moments and forces in the different members of the highly indeterminate Vierendeel girder depend on its actual elastic behaviour. For this reason, it is necessary to find out the effect of the axial and shearing forces on the strains as well as on the stresses of this type of structure.

It has been already shown[5,6] that the contributions of the axial forces to the deformations of the Vierendeel girder are practically of the same order as those of the bending moments. On the other hand, the contributions of the shearing forces are relatively small[7]. Consequently, in determining the stiffness of the Vierendeel girder, the contributions of the bending moments and at least those of the normal forces must be considered. How far each of the three contributions bears on the total deformations of the Vierendeel girder, has already been discussed[7]. It remains yet to study the relative effect of each contribution on the stresses.

The object of this paper is to investigate the effect of the strains due to the axial and shearing forces on the stresses of the Vierendeel girder. The relative values of the contributions of the bending moments, axial and shearing forces are discussed hereafter. Both direct as well as indirect loading have been treated. Finally, a simplified method for the analysis of the Vierendeel girder, taking into account the effect of the axial and shearing forces, has been developed. It is based on the idea of introducing hinges in the mid-points of the vertical members.

2. *EFFECT OF THE AXIAL AND SHEARING FORCES ON THE STRESSES :*

In order to study this effect, the Vierendeel girder shown in Fig. 1 is solved for different cases of loading. It represents the main girder of a roadway bridge of 32 m. span. The method adopted in the solution is the conventional method of virtual work. The main system is obtained by introducing hinges in the mid-points of the various members, as shown in Fig. 2. The cases of virtual loading are formed of moment groups[2], three for each panel, as shown in Fig. 3. The redundant moments at the positions of the introduced hinges are ultimately obtained by suitable superposition.

All cases of an indirect unit load acting at the panel-points 2,3, 4 and 5 of the lower chord have been treated. In this way, a complete

* Professor of Structural Engineering, Cairo University, U.A.R.

** Lecturer of Structural Engineering, Assiut University, U.A.R.

forces are rarely neutral. They reflect policy decisions made by the central government authorities, in pricing, labour legislation, wage policy, the issue of licences for materials and machinery, in the fixing of interest rates, the provision of education and training facilities, etc. And increasingly the planner is being given a direct say in the selection of new projects. We hope to have shown that the appropriate scale of initial operation should be determined by reference to the economic and social considerations we have outlined, as well as to purely technical criteria.

APPENDIX A

Share of Small Enterprises in Total Production, by Industry, Japan, 1954[1]

	Percentage Produced by Small Enterprised
Toys	100
Sewing needles.	100
Metal tableware	100
Violins	100
Lacquer ware	100
Paving bricks	100
Western clothes	98
Tools	97
Cotton processing	97
Underwear (knitted)	96
Underwear (cloth)	95
Hemp netting	95
Knitted socks	94
Metal lath	93
Braids	92
Silk and rayon cloth	91
Parts of communication machines	87
Household utensils.	87
Grindstones	85
Platform scales	82
Valve cocks	82
Leather shoes	81
Fishing nets	80
Forged products	80
Printing ink.	78
Pottery	78
Woollen goods	78
Leather goods for industrial use	76
Laces	75
Bicycle parts	74
Fountain pens	74
Farm implements	71
Light metal sheet products	71
Corrugated cardboard	70
Cotton textiles	70
Matches	69
Cast copper-alloy products	69
Preserved timber	68
Leather	66
Steel fittings	65
Harmonicas	64
Asbestos products	61
Cast pig-iron products	60
Paints	59
Wiring parts	58
Dyeing and finishing of fabrics	58
Enamelled ironware	57
Sewing machines	57
Soap.	56
Pencils	56
Optical glass	55
Fibre sheets	51

Source : Ministry of International Trade and Industry, *Vital Statistics of Production*, 1955, as quoted in Inter-relations between Large and Small Industrial Enter-prises in Japan" by Toyoroku Ando, *Industrialisation and Productivity,* Bulletin 2, United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, March 1959, p. 29.

1. In Japan, manufacturing enterprises employsing up to 300 are classed as small. Handicrafts are

plant utilisation. Much of large-scale industry in the advanced countries consists of the mass assembly of scores of separate parts and materials manufactured in small units. The Ford Motor Company purchased from an estimated 20,000 different suppliers in 1956, the U.S. Steel Corporation from 50,000 and the U.S. Rubber Company from 14,000.[1] A large part of Japanese industry is composed of small firms working on sub-contract for large-scale enterprises.

36. The absence of these complementary relationships can mean the waste of capital and higher costs. This is encountered in a number of new large factories in the developing countries. These have been equipped with very elaborate workshops in readiness for the time when a machine part may need replacing or repairing. This equipment often standsidle, while small metal workshops which could be fully employed in servicing several large factories in the area, cannot obtain the import licences to modernise their plants to meet their needs.

37. These complementary relationships must sometimes be cultivated by a third party who brings the two sides together. For the management of large enterprises, especially those with a monopoly position in the market or where profitability is not used as a measure of efficiency, it may be easier to have machinery capacity in reserve to meet all eventualities. But the cost to the community in the form of production foregone ought to be brought home. Necessity is often the mother of invention and many examples can be quoted of high quality machines, spare-parts and components being produced in small foundries and machine shops as a result of the managers of large enterprises being forced to go out to explore local production possibilities in order to keep their factories going in the absence of import permits or their own facilities.

CONCLUSIONS

38. In this introductory paper we have presented the various reasons which seem to justify a positive programme of support and encouragement for small enterprises in the developing countries. To recapitulate, small firms tend to bring about a full utilisation of existing skills and knowledge; more employment; high capital productivity; productive use of small savings; creative openings for entre-preneurial initiative; stimulation of inter-firm co-operation; spread of benefits of economic growth among wide social groups and geographical areas; economic exploitation of scattered raw material resources; close adaptation to market characteristics; flexibility in meeting varied consumer tastes; smoother transition of the population (social as well as the occupational) from a peasant to an industrial life; and the provisions of faster, more personal services for customers.

39. The case that has been made out is a generalised one. In the time available it has not been possible to refer to the qualification and exceptions which a more detailed study of the issues would reveal. It is therefore desirable to end on a note of caution. Even though smaller enterprises clearly have merits and advantages which, hitherto, have not been fully recognised in the industrialisation plans of some developing countries, one can swing too far to the other extreme. Smallness for smallness sake is just as wasteful as the "biggest is best" philosophy which has prevailed until now. There is a need to discriminate, and each case should be decided on its merits. of course, in a competitive, market economy the structure of industry is determined largely by the inter-action of complex economic and social forces, and is not consciously "selected". But market

1. Quoted in the contribution by Eugene Staley, "Development of Small Industry Programmes" O.E.C.D., Paris 1962, *Methods of Industrial Development.*

G. Small Firms Contribute to A Balanced Rural and Regional Development :

32. A further advantage of small firms is that they can exploit scattered raw material resources on the spot to meet small localised markets. This saves unnecessary transport costs, raises income and employment levels in the provincial towns and slows down the drift of population to the large metropolitan cities. Large-scale industry, on the other hand must generally be located in or close to the cities to obtain access to their markets, reserves of skilled labour, power supplies, varied servicing facilities, etc. An industrialisation policy in which large factories take the lion's share of available funds thus accentuates the disparities in living standards between the metropolis and the provinces and necessitates heavy, relatively unproductive expenditure on social and infrastructural amenities such as housing and public transport in the cities in an attempt to mitigate the worst evils of over-rapid urbanisation. It may also reduce employment in those industries which are already established in the country towns.

33. Tho U.N. Economic Commission for Africa has drawn attention to the role of small firms in providing a balance between urban and rural development. "The advantage of the small and medium-sized industries is obvious. They permit easier symbiosis with the social background and, contrary to large industries, particularly when coupled with urbanisation, they are not liable to upset the balance with rural areas. Small and medium-sized industries are much closer to the rural world. They encourage co-operation between the farmers and the factory, particularly when periods of activity in industry do not coincide with those in agriculture; the farmers can work or find gainful employment in the factories during the slack season without having to leave their homes or to be uprooted from their milieu. They do not accentuate the social disequilibrium but, on the contrary, make a positive contribution to raising standards."[1]

34. The cities have become such powerful poles of attraction, however, that it will be difficult to reverse or even slow down this population movement. It could only be done by conscious and consistent planning by the central government authorities. And it may prove to be impossible to have the best of all worlds. Small units set up in the villages and provincial towns will not survive if they are subject to the competition of large factories in the cities which are given preferential treatment in regard to material supplies, import licences, cheap credit, access to government training schemes, etc. The answer is not subsidies to small firms, which tends to dampen enterprise, and provides no incentive for innovation. A preferable solution would be for the central planning authorities to allocate investment funds in such a way as to reduce competition between large and small units to a minimum, by confining capital-intensive, large-scale investment to fields where very pronounced economies of scale are obtainable, e.g. steel, cement and heavy chemicals; and making fixed investment and credit funds firms have the means and opportunity for rapid expansion to meet the needs of consumers and of the larger firms with whom they can establish complementary, rather than competitive relationships.

H. Complementary Relationships between Small and Large Firms :

35. This brings us to a final justification for fostering the development of small-scale industry, the fact that small firms can often provide products, components and services for large firms at a cheaper price than they could themselves. This comes from the further specialisation and division of labour and higher

---

1. *U.N. Economic Bulletin for Africa,* June 1962, p. 99.

pending upon subsistence agriculture for a livelihood, is low. Undue reliance on capital-intensive techniques, where machines take the place of men in industry, may prevent this mechanism from functioning properly. The rapid transfer of surplus agricultural workers to productive industrial employment would seem to require less capital-intensive methods than are found in the highly industrialised (and capital-rich) countries, so that many new jobs are created.

F. Linkage Effects :

29. Inter-relationships exist not only between industry and agriculture, but also between industry and trade and within industry itself. There is a need to strengthen and extend these established linkages through which new ideas, new methods and new techniques are diffused throughout the economy. Indeed, they are indispensable if an innovation introduced in one organisation is to succeed, as corresponding adjustments and improvements are required on the part of suppliers of materials, machinery and services on the one hand and distributors and customers on the other. These complementary changes can only occur if the innovations demanded of each sector are within its capacity, which is subject to financial, social, educational, technological and skill constraints. It is in the nature of things that the changes that can be accommodated at any one time are generally small in relartion to what has gone before. But if they are sufficiently widespread the performance of the whole economy is lifted up. As Bauer and Yamey have stressed "The growth of an economy usually requires a large number of small changes, each taking advantage of local opportunities and availabilities of resources, and each in turn making further growth possible".[1]

30. This is another argument for building upon the existing industrial structure where close linkages have been gorged over the years, rather than attempting to transform this structure overnight by transplanting large-scale organisation and complex technologies which exist in an "enclave" of their own, depending to a large extent on foreign supplies for their operation. These latter are likely to disrupt existing relationships and the beneficial linkage effects will leak abroad if the range of materials, machinery and services required by the plant core cannot be found locally. The case of the plastic footwear plant in one country can be quoted as an example of this. Plastic shoes made from imported PVC on foreign-made injection moulding machines have taken the place of traditional leather footwear made mostly from local materials by indigenous craftsmen. The net result has been a decline in incomes and employment in the footwear and allied industry which has not been offset elsewhere in the country. Gustav Ranis had this situation in mind when he stated that "getting more mileage out of the savings funds depends to a large extent on the ability to reject imported production techniques developed for a radically different factor endowment, the ability to improvise on the basis of domestic technology, to reorganize domestic production functions in many relatively unspectacular ways so that more of the unemployed rural workers can be productively absorbed".[1]

31. The emphasis on technical education and the priority given to building up domestic engineering industries in the socialist countries may be seen in this light. A progressive strengthening of these inter-industry linkages, which stimulate technical development and hence a growth of productivity and employment, is regarded as indispensible. The same reasoning would seem to apply to the developing countries even though they must perforce start at a lower level of technology and smaller scale of operation.

1. P.T. Bauer and B.S. Yamey, *The Economics of Under-developed Countries*. James Nisbet. 1957.

1. Ranis, "Trade, Aid and What", *Kyklos*, 1964, No. 2.

3. Market Influence :

(a) Differentiated products where variety is important and low-scale economies, e.g. clothing.

(b) Industries serving small total markets, e.g. leather goods.

These factors are, of course, relatively more powerful, and the spread of products subject to their influence much wider, in the prevailing circumstances of developing countries.

E. Small Firms May Provide More employment Opportunities :

26. A fifth factor concerns employment. Small firms tend to use relatively labour-intensive techniques. Thus the amount of capital needed to equip each worker is smaller, which means that more persons can be employed out of a given investment fund in the short run (the long-run level of employment depends also upon the rate of capital accumulation already discussed). Overt or disguised unemployment has increased in many countries in recent years, particularly in those densely populated in relation to cultivable land. The labour needs of agriculture in most periods of the year are often well below the actual numbers living off the land, while in the towns and cities the petty-service trades, shoe cleaning, car attendants, hawking, etc., are overfull because of the lack of more productive employment else-where. With populations growing at the rate of 2 to 3 per cent. per annum, the magnitude of this social and economic problem is increasing. The trend could be reversed by a rapid expansion of the industrial labour force by spreading the capital resources more thinly on the ground. As Everett Hagen has pointed out "the simple importation of Western methods is never the main source of progress. The main source is more widespread improvements in methods, which use more equipment or more expensive materials (seed, fertilisers, etc.) than has been traditional, but far less than is the practice in the West.[1]". The objectives of rapid economic groowth and full employment need not be incompatible, but are rather mutually supporting.

27. Simon Kuznets has shown that the percentage of the total labour force engaged in industry is a key index of economic prosperity. The cross-section and trend studies he did for a large number countries indicate that the richest countries have the highest figures for industrial employment (with about 40 per cent. of the total labour force) and the poorest countries the lowest (5 to 10 per cent.)[2]. The inverse is true for agricultural employment. Kuznets also found that the average incomes in industry and agriculture in the rich countries had drawn together over the last 50 years or so and had ended up at more or less the same level. In the poor countries, however, there was a considerable inequality between incomes in the two sectors and the gap had tended to grow wider. Because of the interdependence of agricultural and industrial development, sustained, balanced growth appears to require a mechanism by which a progressive shift in the employment pattern from agrarian to industrial activitiess allows the productivity and incomes of the primary product producers rise which in turn lifts land yields through the introduction of better methods, fertilisers and seeds (to which underemployment acts as a financial and social barrier). Thus the expanding urban proletariat is provided with adequate food supplies while the more prosperous rural community can afford to buy the products of industry.

28. Without this employment shift the initial industrial expansion may grind to a halt because food imports have to be substituted for machinery and because the effective demand of the majority of the population, de-

1. Professor E. Hagen's contribution to *Development of the Emerging Countries, An Agenda for Research,* the Brookings Institute, 1962.
2. Professor S. Kuznets : *Six Lectures on Economic Growth,* The Free Press of Glencoe, 1959.

a lowering of the wage costs per unit of output.[1] In practice this does not always happen. Wage rates per operative are generally lower in the small firms. New capital-intensive plants may require more workers than estimated because of the inexperience of operatives and management. Anti-inflationary pricing policies pursued by the State may squeeze the profit margins of the large companies, while the smaller firms may be operating in areas not amenable to effective price control. A desire to reduce unemployment may result in legislation affecting the personnel practices in large-scale industry which increase their wage cost and diminish their profitability. All these factors determine the size of the investment funds which accrue within operating concerns in real life, and they are to be reckoned with in framing development policy.

22. The third internal capital source is taxation. Taxes levied on company profits will be easier to establish and collect from large firms maintaining comprehensive accounting records. However, a sales tax payable at the retail level is an alternative system which could be applied equally to the products of small and large enterprises.

D. Techno-economc Advantages of certain types of Small-scale Production :

23. As an economy progresses some of the above arguments become weaker and the balance of advantage shifts to larger-scale activities. Markets widen as incomes rise and communications improve. The capital stock increases and new investment funds become more plentiful. Higher technical and managerial skills are absorbed. Labour becomes dearer and scarcer. Small firms grow into medium and large enterpises as they ecquire experience. This is an organic process during which the economic institutions and organisations are reacting to and initiating changes in the economic and social environment. There are also certain products in which, because of technical indivisibilities of plant size and pronounced economies of scale, high capital productivity and low costs can only be obtained in large factories.

24. Even so, in the most advanced economies small establishments still persist and are frequently in the fore front of innovation of new products, e.g. electronics. In the U.S.A. 26 per cent. of all employees in manufacturing industry were in small establishments with less than 100 workers in 1954. They also contributed 22 per cent. of the total value added by manufacture. In Japan the percentage was as high as 59 per cent. of employment. Appendix A gives an idea of the predominance of small units in the manufacture of various products in Japan.

25. In their recent book (1), Staley and Morse have listed eight types of industries in which small plants predominate in the most advanced economies. The causes may be grouped under three headings :

1. Locational Influences :

(a) Where raw materials are widely dispersed throughout the country, where it is cheaper to reduce bulk by local processing rather than transport the raw material, e.g. sawmills, butter.

(b) Products with scattered local markets and high transfer costs, e.g. bricks, ice.

(c) Service industries where close proximity to customers is important, e.g. job bringing, car repairing.

2. Process Influences :

(a) When manufacturing operations can be easily separated and specialised, e.g. machine shop products such as pistons and valves.

(b) Craft or precision work, where the advantages of specialisation can be obtained with relatively small teams of craftsmen. e.g. jewellry.

(c) Simple assembly, mixing or finishing operations where only light machinery is required, e.g. shoe lasts and cleaning products.

1. W. Galenson and H. Leibenstein : "Investment Criteria, Productivity and Economic Development", *Quarterly Journal of Economics*, August 1955.

11. Eugene Staley and Richard Morse : *Modern Small Industry for Developing Countries*, McGraw-Hill, 1965.

ratios tend to be higher in the smaller establishments with less equipment per operative than in larger firms.[1] Several explanations can be given for this. In the first place the machinery used in small firms is generally much less costly, being simpler and often bought on the second-hand market. It is employed only for major processes while peripheral and secondary operations are carried out by hand. The level of utilisation is high as a result of long hours of work, fewer breakdowns, relative ease of servicing and repairing the machinery and the common practice by the owners of machinery in small firms to undertake subcontracted work for other producers in the same field.

18. The owners of established small firms tend to be more efficient than the managers of new large-scale factories set up under the development plans, in the sense of the ability to get more out of the particular physical, financial and human resources at their disposal. This is partly because of their longer experience in the field and partly because small units can be managed effectively without sophisticated, systematic methods and procedures which are prerequisites for success in large-scale organisations[1]. In particular, small independent units do not need the complex control system and cumbersome administrative machinery which add to overhead costs in large businesses. Of course, a highly mechanised, large-scale factory may achieve higher *labour* productivity and lower costs, even though managed inefficiently, than a manufacturer using more labour intensive methods. But this should not be confused with the optimum utilisation of the present resources of the community as a whole.

C. Capital Accumulation May Be Higher in Small Firms :

19. It is not only important that capital should be used productively today, but also that it should generate a greater capital supply in the future, i.e. increase the rate of capital accumulation. There are three sources of internal finance for capital expenditure :

(a) personal savings of the people ;

(b) profits of enterprises which can be ploughed back into the business; and,

(c) all forms of taxation by the State.

20. The opportunity to set up a manufacturing unit on a small scale with a low minimum capital requirement, provides a productive output for the small savings of the entrepreneurs and their families which might otherwise be devoted to consumption expenditure. When spread throughout the economy this inducement to save and invest can have a significant effect on the over-all savings ratio of the population. Serious inflationary pressure is being felt in several developing countries at present because the propensity to save is below expectations , and foreign capital aid has been insufficient to finance the ambitious investment programmes. Greater freedom of entry into small business and a more encouraging climate for their growth could contribute considerably in raising the domestic capital supply.

21. Once established in industry a small-scale entrepreneur can use his profits to buy new machinery, expand his premises, etc. Indeed internal surpluses represent the major source of fixed-asset investment in small firms. In relation to the capital inputs these surpluses can be high. Surplus/capital ratios have been calculated from the U.A.R. Census data mentioned earlier which show that they tend to be greater in units employing between 10 and 100 workers than in larger establishments. These findings are contrary to theortical expectations. It has been assumed that investable surpluses would be maximised in large-scale, capital-intensive industry through

1. U.A.R. Census of Production 1960. Department of Statistics, Cairo. Annual Survey of Industry 1962. Central Statistical Organisation, Government of India.

1. Professor F. Harbison has shown that the scarcity of management personnel trained in scientific management techniques accounts for the low level of productivity in these modern large-scale plants. F. Harbison : "Entrepreneural Organisation as a Factor in Economic Development", *Quarterly Journal of Economics, 1956.*

products and the materials they use, as a result of the long years of on-the-job training they have spent since boyhood, though this knowledge sometimes lacks a scientific and technical foundation. These employees have become accustomed to the kind of inter-personal relationships and hierarchies of authority and responsibility which are indispensable features of industrial life, but these are more informal and flexible than is possible in larger-scale organisations. Hence they provide an easier transition from an individualistic peasant life, where the rhythm of activity is conditioned by seasons and climate, to a factory life where discipline and regularity are necessary.

12. These small firms act as the seed bed for the managers of larger enterprises in the future. It may be that the practical qualities of those who have proved themselves "the hard way" in small enterprises are more important in the early stages of industrialisation than book learning.

13. In the service industries small establishments are better able to provide the direct and personal services which their customers require.

14. All these considerations add up to a powerful case for a policy which enables this existing industrial nucleus to expand and develop, in addition to the creation of new organisations equipped and staffed from scratch which seems to be the principal *modus operandi* in some countries.

15. Professor B. Hoselitz has argued cogently on this point. "It is quite customary when we think of industrial development in the new nations, to evoke a picture of a large-scale industrial plant, e.g. in steel or cement production. But the existing markets, demand patterns and conditions of comparative advantage in developing countries are such as to make the establishment of small plants, mainly producing light consumers' goods, most attractive. Hence, industrialisation must be thought of in the next two or three decades not in terms of new Pittsburghs or Birminghams in the developing nations of Asia and Africa, but rather as a process in which small capital is allocated in various industrial and commercial fields. Although these units may increase in size, they will remain — from a world point of view — fairly small, or at best medium-sized, in their fields of economic activity. The reason for this stems from the very different relative supply of labour and capital, and particularly from the fact that capital to be invested on a long-term basis is in very short supply and often unavailable through the ordinary channels. In other words, banks will ration credit to small entrepreneurs who wish to grow rapidly. Many enterprises may have to begin with meagre capital funds and grow only to the extent to which they can reinvest their profits. In the industrial field the certainty that small and medium-scale enterprises in the developing countries will persist must be taken into account. In the light of Western Europe's historical experience entrepreneurs on the small and medium-scale will have important roles for several decades."[1]

B. Small Firms May Achieve Higher Capital Productivity .

16. Part of the above argument my sound negative — because small firms are there, and all that can be afforded, we may as well make the best of them. In fact there are some strong positive reasons why this policy is not only expedient but desirable. The first is that they tend to make better use of the capital at their disposal in the prevailing circumstances in many of these countries. As the paucity of capital is one of the major inhibitors to economic growth, any means of getting more mileage out of the available funds is to be welcomed. The productivity of capital can be measured by output / capital ratios.

17. Census data for India and U.A.R. indicates that in the majority of industries these

1. B. Hoselitz : "The Entrepreneural Element in Economic Development", a paper presented to the U.N. Conference on the Application of Science and Technlogy for the Benefit of the Less Developed Areas, 1962.

6. We will examine the main features of small businesses and show that they match the economic and social characteristics of many developing countries and tend to make the best use of their present resource endowments. The paper will also demonstrate that they have a dynamic role to play as a vehicle of growth and change, in securing widespread economic benefits for the people, while avoiding undue social conflicts and stresses during this process. What follows applies particularly to market economies in which small firms are privately owned and controlled, i.e. the majority of developing countries. But some of the arguments may also be relevant to a system of state and co-operative ownership in which economic decision making is decentralised and enterprise managers are given considerable autonomy in deciding what products to make and how to make them. It needs to be pointed out, or course, that the term "developing countries" covers a wide diversity of income levels, natural resources, modes of life and extent of industrial experience, as well as different political systems. This means that no single formula is adequate. Each country needs to find its own ingredients to fit its own particular circumstances.

A. Small Units are The Predominant Form of Industrial Organisation at present :

7. In the U.A.R., 64 per cent. of the labour force in manufacturing industry was employed in units with less than 100 workers in 1960. In certain industries like footwear, wood, furniture, leather, metal products and repair of transport equipment over 90 per cent. of the workers were in small firms[1]. In the whole of Latin America, 48 per cent. of the industrial labour force could be found in cottage and artisan industry (less than 5 workers) in 1960[2]. In India, upwards of 80 percent. of industrial employment is estimated to be in small units[3].

8. This structure is determined by a variety of factos, market conditions, raw material sources, transport availability, heterogeneity of demand, kinds of technology, nature of capital market, etc. Whatever the causes the fact remains that these small units exist and the persons employede in them, both workers and management, have acquired skills and know-how which are valuable assets for any country wishing to expand its industrial base. This is sometimes overlooked by development planners. There is a tendency to neglect the existing establishments which are often regarded as reclics of the past and to concentrate on setting up modern large-scale factories (which are equates with efficiency). This can be very wasteful, because the established units possess human and physical resources needed for balanced economic growth.

9. The entrepreneurs of these small firms have shown the initiative and enterprise to set up in business with limited capital resources. They have demonstrated the capacity to survive and prosper in competition with fellow manufacturers at home and abroad. They are familiar with the technologies which are within their financial means. They have established close relationships with distributors and customers, know their tastes and needs, and are flexible in their reacting to changes in them. They are meeting the demands of the masses for basic processed foodstuffs, clothing, household utensils, tools and equipment.

10. These entrepreneurs usually have the personal abilities and motivations required to introduce the innovations neeeded in a dynamic society, e.g. imagination, drive, initiative, inventiveness, risk acceptance, decisiveness in face of uncertainty — all characteristics which are as important as technical and managerial know how in determining business success.

11. Their workers have an intimate practical understanding of the properties of their

1. U.A.R. Censuses of Production, Establishments and Population 1960.
2. U.N. Economic Bulletin for Latin America October 1965.
3. "Report of the International Perspective Llanning Team" Government of India 1965.

THE ROLE OF SMALL ENTEREPRISES IN THE INDUSTRIALISATION OF THE DEVELOPING COUNTRIES

By

KEITH MARSDEN I.L.O.

INTRODUCTION

1. In this paper we will discuss the broad arguments in favour of small manufacturing and servicing enterprises playing a leading role in the transition from a predominantly agricultural to an industrial economy. We will concentrate on making out a general case for government encouragement to be given to the sector, and show why it is desirable to create a climate Which fosters the growth and development of small firms. Other papers will describe the specific programmes and policies which can bring this about.

2. Let us begin by saying what we mean by small enterprises. It is impossible to give a precise definition as a variety of factors are involved, and the word 'small' is only a relative term. The demarcation lines between small, medium and large establishments are necessarily arbitrary. In the U.S.A. or USSR any enterprise with less than 500 workers may be considered small. However, for the developing countries generally we may describe small industrial undertakings as establishments for manufacturing, processing and servicing (installation. maintenancee and repair) activities which differ from large establishments by a significant lack of specialisation in management. Such undertakings vary from handicraft and cottage establishments in which the self-employed owner works together with his family, to the artisan workshops employing hired labour and using simple machinery and the small mechanised factories which may have up to 100 workers.

3. This definition embraces a wide range of products and processes, from the artistic handicrafts made with handtools to the highly mechanised engineering workshops turning out spare parts for motorcars. Small establishments are found in almost every industry. The common denominator between them is that a single owner of manager can exercise most of the managerial functions himself, with the help on one or two supervisors on the shop floor at the most.

4. Our approach to the questions under discussion will be a positive one. In the past there has been a tendency to look at the small-scale sector with a somewhat critical eye, to point out its weaknesses and deficincies, and then to list all the forms of aid and advisory services it was said to need in order to survive. This negative approach has proved to be self-defeating. By and large, government support for the sector has not been forthcoming on any significant scale. There has been a reluctance to devote scarce resources to helping an apparent "lame duck", if something more efficient could be put in its place. It is now being realised that this view is based upon a fundamental fallacy. This fallacy is that a type of organisation which has evolved in one society can be transplanted into another with quite different circumstances and be expected to operate smoothly and efficiently. The old attitudes towards small-scale industry resulted from making static, international comparisons which are irrelevant and dangerous.

5. The theme of this paper is that the form and scale of each organisation should fit the environment of each country, in the widest meaning of the work d'environment' and cannot be determined merely by abstract technical and economic calculations made in a vacuum.

EDITING COMMITTEE

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretariat at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T. 60 per annum.

Subscription for others P.T. 200 per annum.

HEAD OFFICE

Egyptian Society of Engineers,

28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

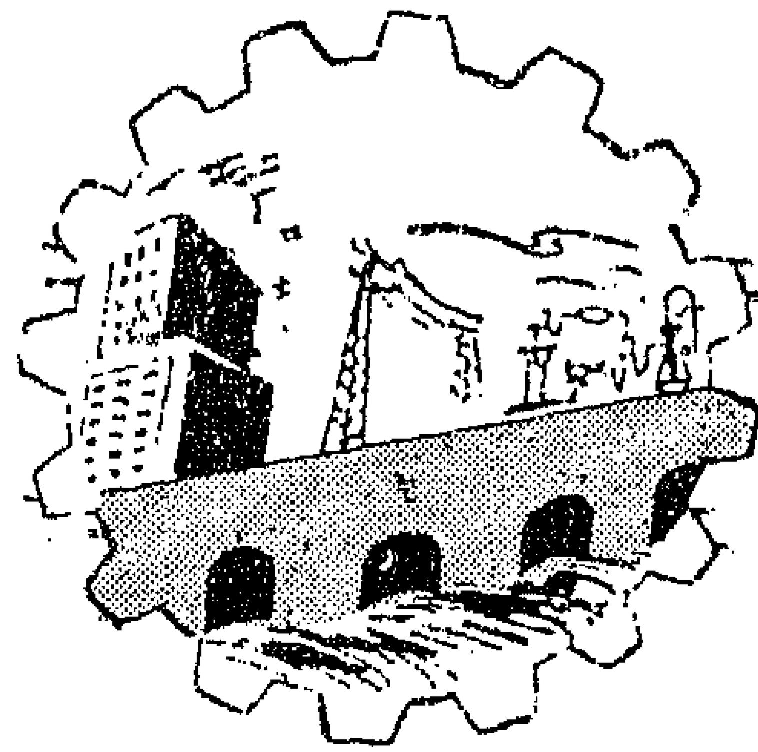
Vol. VIII — No. 3 July-August-Sept.

CONTENTS

ENGLISH SECTION

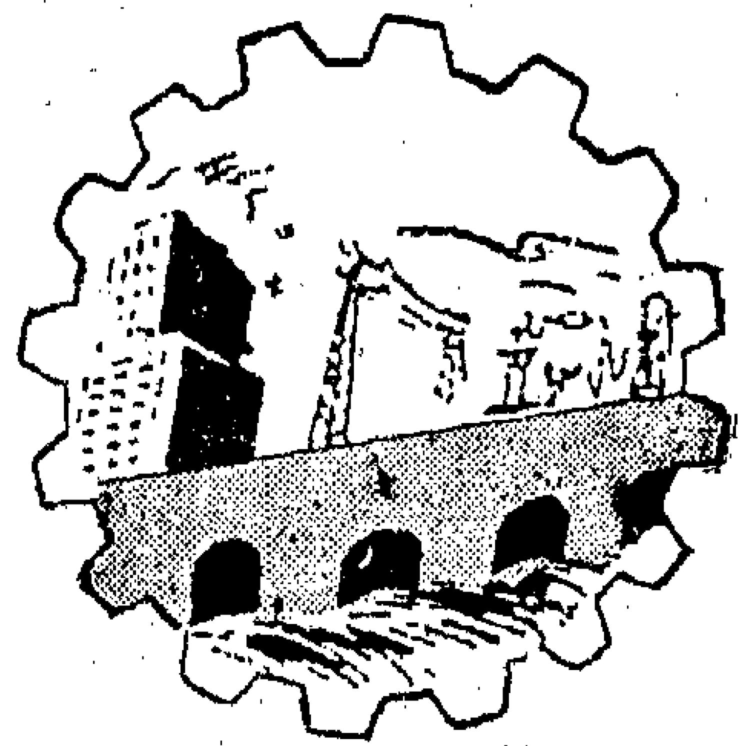
ARABIC SECTION

"Mondiale" Press—Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U. A. R.

July - August - September 1969
Vol. VIII
No. 3



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العــدد الرابع | المجلد الثامن | أكتوبر - نوفمبر - ديسمبر ١٩٦٩

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية ٢٩٨/١٩٦٩

المطبعة العالمية ١٦، ١٧ ش ضريح سعد بالقاهرة

مجلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية - تصدرها كل ثلاث شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثامنة — العدد الرابع — أكتوبر - نوفمبر - ديسمبر ١٩٦٩

محتويات هذا العدد

القسم العربى

القسم الأفرنجى

بيانات

مقر المجلة

جمعية المهندسين المصرية

٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة

تليفون : ٥٢١٠٦

- جميع أعضاء جمعية المهندسين مشتركون في المجلة بحكم عضويتهم
- الاشتراك السنوى لغير الأعضاء : ٦٠ جـ للمهندس و ١٠٠ جـ للهيئات
- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين
- المصرية بالقاهرة
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التي تنشر بها وتعبر عن رأى كاتبها فقط.

الإعلانات

مؤسسة مصر للطباعة والنشر

القاهرة : ١٩ شارع سوق التوفيقية تليفون : ٥٩١٠٩

امكانيات تقدم الطاقة الذرية
ونتائجها التطبيقية فى الدول النامية

للدكتور المهندس محمد فؤاد الفولى

١ – مقدمة :

بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية . . بل وفى أثنائها بدأ التفكير فى طرق استخدام الطاقة الذرية لأغراض السلام . . ومن المعروف أن كل عملية انشطار ينتج عنها :

١ — طاقة حرارية هائلة وتجد طريقها للاستخدام عن طريق إنشاء مفاعلات القوى لتوليد الكهرباء أو القوى المحركة .

٢ — إشعاعات ذرية من أنواع مختلفة .

وقد أمكن استخدام الإشعاعات الذرية فى بحوث كثيرة فى المجالات :

(ا) الطبية مثل علاج بعض الأمراض .

(ب) الطبيعية والكهربائية .

(ج) الصناعية مثل الكشف عن الخامات واختبار المواد وزيادة صلابتها وتغيير خصائصها والتحكم فى التصنيع مما ينتج عنه زيادة كفاءة الآلة وزيادة جودة الإنتاج وتوفير الخامات وغيرها .

(د) الزراعية لوقاية النباتات والبذور من بعض الآفات ولزيادة إنتاجها وتحسين سلالتها .

ووجدت كثير من هذه البحوث طريقها للتطبيقات العملية ذلك أما باستخدام الإشعاعات الناتجة من المفاعلات رأساً أو بواسطة استخدام مصادر مشعة سبق إعدادها فى مفاعلات التجارب والأبحاث .

ولما كانت الطاقة هى السلعة الرئيسية التى تعود بالنفع المباشر على الاقتصاد القومى لذلك سنتناول فى هذا التقرير هذه الناحية تاركين الاستخدامات الأخرى لفرص تالية .

٣ ـ الطاقة الكهربائية فى العالم :

أمكن استخدام الطاقة الحرارية بعد إمكان التحكم فيها فى توليد البخار .. وبالتالى الطاقة الكهربائية فى محطات توليد القوى النووية .. وفى هذه المحطات لا يتيسر استخدام الإشعاعات بل يغلق عليها داخل الحاجز الاشعاعى البيولوجى .. وقد جاء هذا الاستخدام فى الوقت المناسب .. إذ بدأت الدول المختلفة تحاول اللحاق بما فاتها من مراحل التقدم .. وبدأت احتياجاتها من الكهرباء تنمو نمواً سريعاً . وللتدليل على مدى التخلف الذى يعانيه جزء كبير من العالم فإن ما يخص الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية يعادل ٧,٨ طن من الفحم سنوياً فى أمريكا وكندا ينزل إلى ٣ طن فى أوروبا وينحدر إلى ٠,٧ طن فى الدول النامية .

ونتيجة للتغيير الكبير الذى طرأ على العالم بعد الحرب العالمية الثانية واستقلال عدد كبير من المستعمرات السابقة للدول الكبرى ودخول هذه الدول مجال التقدم والتطور والتصنيع لتحسين مستوى المعيشة بها فقد تزايدت احتياجات الطاقة الكهربائية زيادة مطردة وتزداد نسبة الزيادة السنوية من الطاقة فى هذه الدول عن مثيله فى الدول المتقدمة وذلك للنقص الخطير الذى تعانيه من ناحية السعة الكهربائية قبل بدء تطورها والعكس صحيح بالنسبة للدول المتقدمة ذات السعة الكهربائية المرتفعة نظراً لاستقرار مستوى المعيشة بها .. ويبين الجدول التالى معدل تزايد استخدام الطاقة بالنسبة لبعض مناطق العالم من إحصائيات هيئة الأمم :

جدول رقم (١)

المنطقــة	معدل الزيادة من ١٩٥٧ إلى ١٩٦٧
أمريكا الشمالية	٢,٨٪
أوروبا الغربية والشرقية	٢,٨٪
الاتحاد السوفييتى	٥,٨٪
أمريكا اللاتينيــة	٦,٣٪
جنوب آسيا والشرق الأقصى	٨٪
الشرق الأوسط	٨,٧٪

ويدل ذلك على أن الشرق الأوسط ومن دولة الأساسية الجمهورية العربية المتحدة تزداد الحاجة فيه إلى الطاقة زيادة كبيرة جداً إذا ما قيست بباقى جهات العالم .

وإذا أخذنا الجمهورية العربية المتحدة كمثال للدول النامية فى هذه المرحلة لوجدنا أن نصيب الفرد من الكهرباء كان لا يتجاوز ٦٠ كيلووات / ساعة سنوياً فى سنة ١٩٥٢ تقارن ٢٣٦٠ كيلووات / ساعة للفرد فى الولايات المتحدة فى نفس السنة . وقد كان من نتيجة قيام ثورة ٢٣ يوليو وما أعقب ذلك من تحول إشتراكى والدفعة القوية لبرامج التصنيع التى حققتها سيطرة الدولة على وسائل الإنتاج أن ارتفع هذا الرقم ارتفاعاً كبيراً . وقد أثبتت الدراسات المستفيضة للطاقة المنتجة بالجمهورية والزيادة المئوية السنوية فى المناطق الاستهلاكية الكبيرة مثل القاهرة والاسكندرية أن معدل الزيادة المئوية السنوية على مستوى الجمهورية بلغ ١٠,٥٪ سنة ١٩٦٣ وأصبح نصيب الفرد ١٨٠ كيلووات / ساعة سنوياً ومن المنتظر أن ينخفض هذا المعدل مع مرور الزمن بسبب الانتهاء من تنفيذ مراحل كثيرة من خطة التصنيع وينتظر أن تنخفض هذه النسبة إلى ٨ ٪ فى سنة ٧٥ ثم إلى ٦ أو ٥٪ فى سنة ١٩٨٠ على حسب تقديرات مؤسسة الكهرباء فى تقاريرها .

وإذا لاحظنا أن عدد سكان العالم يزداد من ٣,٦ مليار نسمة إلى ٦ إلى ٧ مليار نسمة فى نهاية القرن الحالى فإن استهلاك العالم من الطاقه بالمعدل الحالى سوف يتضاعف حتى سنة ١٩٨٠ ثم يزداد أربعة أضعاف حتى سنة ٢٠٠٠ وهذه الزيادة المنتظمة فى عدد السكان وبالتالى فى احتياجات العالم من الطاقة تدفعنا إلى أن نتأمل بهدوء ومن خلال نظرة علمية لإمكانيات ومصادر الطاقة المختلفة وهى البترول والغاز الطبيعى والفحم وكهرباء القوى المائية ثم الطاقة الذرية .

وبلغت الاحتياطات الثابتة للبترول فى العالم ٥٦ بليون طن فى العام الماضى بالإضافة إلى احتياطات غير مؤكدة أخرى تبلغ حوالى ٥٠٠ بليون طن وإذا استمر معدل الاستهلاك الحالى للفرد بدون أى تقدم المستوى فى الدول النامية فاننا نجد أن الاحتياطات تنخفض بسرعة وتصبح موازية لمدة ٣٢ عاماً فقط

أما لو فرضنا جدلا أن الدول النامية فى سعيها جاهدة للحاق بمستوى المعيشة بالدول المتقدمة وصلت إلى مستوى استهلاك الفرد من الكهرباء فى الدول الأوربية أى ما يعادل ٣ طن من الفحم سنوياً فإنه بفرض عدم زيادة الإستهلاك فى أوربا إلى ما فوق ذلك . . لنفذ الاحتياطى المخزون من موارد الطاقة التقليدية فى مدى أقل من ثلاثين عاما بكثير .

ونخلص من هذا إلى أن الإحتياطى المخزون من الوقود التقليدى سوف لا يكفى للوفاء باحتياجات العالم وبالتالى مشروعات التنمية اللازمة لرفع مستوى المعيشة فى الدول النامية . وليس لذلك من حل إلا إستخدام الطاقة النووية أو الحصول على موارد إضافية من الطاقة التقليدية .

ويتحكم فى إختيار الدول للطريقة التى تتبعها لتوفير حاجاتها من الطاقة إلى أحد العوامل التالية :

(ا) وجود مصادر طاقة لا تستخدم الوقود مثل الطاقة الهيدروليكية . . ويكون من الممكن استغلالها بتكاليف مناسبة . . واستخدام الطاقة المتولدة إما فى مكان التوليد أو بتكاليف نقل معقولة .

(ب) فمن ناحية الطاقة الهيدروليكية فإن الموجود منها فى الدول المتقدمة مستغلا بنسبة كبيرة . . أما الموجود منها فى البلاد النامية والمتخلفة فالمستغل منها ضئيلا نسبياً إلا أنه فى جميع الظروف فإن الاستفادة من هذه المصادر ليس فقط عند تواجدها بل إمكانية الاستفادة بها إقتصادياً .

(حـ) توافر الوقود التقليدى فى الدولة من بترول أو فحم أو غاز بكميات مناسبة تكفل حاجة الاستهلاك اللازم لتوليد الطاقة وللأفراد باقتصاديات مناسبة .

جدول رقم (٢)

إنتاج واحتياطى العالم من البترول عام ١٩٦٧

ويجدر هنا الذكر بأنه فى الدول النامية فإن الطاقة الكهربائية المولدة لاتحتل إلا جزءاً ضئيلا من الطاقة الحرارية المستهلكة إذ تستخدم الحرارة مباشرة فى كثير من الأمور كالإضاءة والطهى والتدفئة وخلافه .

(د) استخدام الطاقة النووية وتحكمها نواحى إقتصادية خاصة للاختيار بينها وبين الطريقين السابقين .

وبالنسبة للجمهورية العربية المتحدة فبانتهاء تنفيذ السد العالى وتوليد الكهرباء نجد أنه لن يتبقى مايمكن استغلاله

المنطقة	الدولة	الانتاج		الإحتياطى	
		مليون برميل يومياً	٪	مليون برميل يوميا	٪
أمريكا	الولايات المتحدة	١٢,٠٠٠	٤٠	٣٧٥٠٠	١٠
الشرق الأوسط	أبو ظبى	,٣٨٢١	١,١	١٥٠٠٠	٣,٢
	إيران	٣,١٣١٨	٦,٥	٤٢٦٥٠	١١,٤
	العراق	١,٢٢٨١	٤,٥	٢٣٥٠٠	٦,٢
	الكويت	٢,٤٩٩٨	٧,٥	٧٥٢٠٠	١٩,٣
	ليبيا	١,٧٤٠٥	٤,٦	٢٩٢٠٠	٥,١
	قطر	,٣٢٣٦	,٦	٣٧٥٠	١,٠
	المملكة العربية	٢,٨٠٦٢	٨,٣	٧٤٧٠٠	١٨,٧
	ج . ع . م .	٨٢١٧	,٤	١٦٠٠	,٤
	الجزائر	,٧٦١٠	٢,٣	٦٩٠٠	١,٩
	البحرين	,٠٦٩٣	,٢	١٩٥	—
	عمان	,٠٦٠٦	,٢	٢٥٠٠	,٧
			٤٠,١		٦٧,٩
الشرق الأقصى	أندونسيا	,٤٦٤٦	١,٤	٩١٠٠	٢,٣
البحر الكاريبى	فنزويلا	٣٣,٧١١	١٠,٣	١٧٤٠٠	٤,٥
الكتلة الشرقية	روسيا رومانيا	١,٢٠٠٠	٤,٣	٣٥٧٧٣	٨,٦
دول أخرى		١,٢٠٠٠	٤	٢٥٠٠٠	٦,٧

من هذه الطاقة إلا التى تولد من مشروع منخفض القطارة وقدره ١٥٠ ميجاوات وما يمكن توليده من قناطر النيل الحالية والمزمع إنشاؤها ضمن برامج تهذيب مجرى النيل وقدرتها تعادل نصف المولد من السد العالى .

أما من ناحية الوقود التقليدى من بترول وفحم فان البترول لم يصبح وقوداً وحسب كما كان فى الماضى . . بل إنه الآن مادة خام لازمة للتطور الإنسانى إذ تدخل فى كثير من بديلات الحاجات الضرورية للانسان من ملابس النايلون وخلافه والصوف الصناعى وكثير من المبيدات الحشرية الزراعية والسماد بل وأخذ طريقة إلى المواد الغذائية ويزداد هذا الاتجاه يومابعد يوم ولن يكون بعيداً اليوم الذى يجد الناس ضرورة قصر استخدام البترول على الصناعات وليس للحريق .

٣ ـ الطاقة من الانشطار النووى :

فى هذا الوقت بالذات يمنح الله الانسان مصدراً جديداً للطاقة ممثلة فيما يمكن الحصول عليه من طاقة ناتجة عن عملية انشطار النوويات الثقيلة كما هو الحال فى نويات مادة اليورانيوم .. ففى عملية الانشطار تنشطر ذرة اليورانيوم الثقيلة إلى جزئين كبيرين و ٢ أو أكثر من النيوترونات ويتحول جزء من الكتلة إلى طاقة .

فمثلا لأحد حالات الانشطار

^{٢٣٥}يو ٩٢ + ^{١}ن. ← ^{١٤٤}با ٥٦ + ^{٩٠}كر ٣٦ + ٢ ^{١}ن. + ٢٠٠ مليون الكترون فولت .

وهذه الـ ٢٠٠ مليون الكترون فولت هى الطاقة التى يمكن استغلالها حرارياً وهى تساوى $٢٠٠ \times ١٫٦٠ \times ١٠^{-٦} = ٣٢٠ \times ١٠^{-٦}$ إرج

$= ٣٫٢٠ \times ١٠^{-١١}$ وات ثانية

ينتج من ذلك أن كل رطل من مادة اليورانيوم ٢٣٥ القابلة للانشطار لو انشطرت جميع ذراته لأعطى $١٠٫٣٢ \times ١٠^{٦} \times ٣٤١٣$ وحدة حرارية بريطانية . (اختيرت هنا هذه الوحدات لأنها المستخدمة فى الدراسات الهندسية فى أكثرية الدول المنتجة للطاقة الذرية) .

وهذه الكمية تنتج من ٣٠٠٠٫٠٠٠ طن فحم من النوع الجيد الذى تبلغ حرارته النوعية ١٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية لكل رطل .

كذا فان الانشطار الكامل لجميع الذرات التى يحتويها جرام واحد من اليورانيوم ٢٣٥ يعطى طاقة حرارية تساوى :

$$= \frac{٣٫٢٠ \times ١٠^{-١١} \times ٦٫٠٢٣ \times ١٠^{٢٣}}{٢٣٥}$$

$= ٨٫٢ \times ١٠^{١٠}$ وات

$$= \frac{٨٫٢ \times ١٠^{١٠}}{٣٦٠٠ \times ١٠٠٠} = ٢٫٣ \times ١٠^{٤} \text{ كيلو}$$

وات / ساعة

= ١ ميجاوات / يوم

ولما كانت نسبة اليورانيوم ٢٣٥ القابل للانشطار تبلغ ٠٫٧ ٪ فى اليورانيوم الطبيعى وبفرض أن نصف هذه الكمية فقط تنشطر أما بسبب تصاعد نسبة نواتج الانشطار الغازية والتى تتركز فى وحدات الوقود أو بسبب الحدود الهندسية والميتاليرجية التى تحكم تحمل الوقود لظروف التشغيل وبالتالى تمتص النيوترونات امتصاصاً لا انشطارى وبذا توقف عمليات الانشطار أى أن احتراق ١ رطل من اليورانيوم الطبيعى يساوى $٣٠٠٠٠٠٠ \times \frac{٠٫٧}{١٠٠} \times \frac{١}{٢}$

= ١٠٠٠٠ طن فحم

١٠٠٠٠٠٠ جرام $\times \frac{٧}{١٠٠٠} \times \frac{١}{٢}$

= ٣٠٠٠ ميجاوات يوم للطن.

ونتيجة لامتصاص اليورانيوم ٢٣٨ للنيوترونات وتكون مادة البلوتونيوم القابلة للانشطار فمن المأمول أن ينشطر ١٪ من ذرات اليورانيوم الطبيعي أى أن رطل اليورانيوم $= \frac{٣٠٠٠٠٠٠}{١٠٠}$ = ٣٠,٠٠٠ طن فحم يعادل ١٠,٠٠٠ ميجاوات يوم للطن

٤ ـ الصورة العالمية للمحطات النووية :

إن اكتشاف خاصة الانشطار والقدرة الحرارية الهائلة الممكن الحصول عليها من عملية انشطار النوويات الثقيلة قد فتح الباب على مصراعيه لمحاولة استغلال هذه الطاقة فى توليد القوى الكهربائية على أساس أنها السلعة الأساسية لصناعة الطاقة الذرية فى الناحية السلمية وانعكس ذلك على اتجاهات البحوث ومواضيعها فى المؤتمرات الدولية والتى ركزت على موضوعات توليد الطاقة وحل المشاكل المتعلقة بها . . . ويتضح هذا الاتجاه فى الجدول رقم ٣ الذى يبين السعة الكلية للمحطات النووية التى بنيت فى العالم تحت برامج الأغراض السلمية ماتم ومنها فعلا فى السنوات الماضية وماتشير إليه التنبؤات عن السنوات المقبلة .

وقد تناول التطور الحديث بعض أنواع المفاعلات حتى وضعها فى مستوى صناعى وهندسى مستقر ، وهى أنواع مفاعلات الماء العادى والماء الثقيل والجرافيت فأصبحت الآن تصمم وتبنى على عدد من الصور المجربة ... كما تجمع لدى المشتغلين معلومات كافية عن خواص هذه المفاعلات وتكاليفها واقتصادياتها . . . . ويمكن القول أنها أصبحت من المفاعلات التقليدية .

وكنتيجة طبيعية للتنافس التجارى والصناعى الموجود بين الدول المتقدمة فقد تبنت كل من هذه الدول نوعا أو أكثر من الأنواع المجربة وركزت فى تطويرة وتحسينه فنياً واقتصادياً لتنافس الدول الأخرى المنتجة للمحطات النووية بالإضافة إلى منافسة المحطات التقليدية وعلى هذا الأساس فيمكن القول إن المفعلات التى دخلت مرحلة المنافسة فعلا هى :

جدول رقم (٣)

السعة الكلية لمحطات توليد القوى النووية للأغراض السلمية فى العالم

السنة	١٩٥١	١٩٥٨	١٩٦٤	١٩٧٠	١٩٨٠	٢٠٠٠
السعة بالميجاوات	٥	١٨٥	٥٠٠٠	٢٥٠٠٠	١٥٠٠٠٠ إلى ٢٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠ إلى ٢٠٠٠٠٠٠

١ — مفاعلات التبريد الغازى نوع الماجنوكس وهى متركزة فى بريطانيا وفرنسا .

٢ — مفاعلات الماء العادى :

(ا) المـاء المضغوط وهى متركزة فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى .

(ب) المـاء المغلى وهى متركزة فى الولايات المتحدة والمانيا الغربية .

٣ — مفاعلات الماء الثقيل وهى متركزة فى كندا .

٥ — مقارنة بين الأنواع المجرية من المفاعلات :

ويبين الجدول رقم ٤ مقارنة بين الأنواع المجرية يوضح فيها الكثير من خصائص تلك المفاعلات وما يعتبر من هذه الخصائص كميزات ينظر إليها بعين الاعتبار عند المفاضلة .

٦ — الأنواع المستحدثة تحت الاختبار :

وبجانب هذه المجموعة من أنواع المفاعلات المجرية مجموعة أخرى من الأنواع المستحدثة تهدف إلى تنفيذ بعض الأفكار الجديدة والخروج بها من نطاق الدراسة الأكاديمية إلى نطاق التنفيذ الصناعى والغرض من ذلك هو الوصول إلى أنواع أفضل وأكفأ من المفاعلات الذرية الحالية ويتم ذلك عن طريق :

(ا) الارتفاع بدرجة الحرارة .

(ب) استخدام مبردات ومهدئات تسمح لظروف تشغيل يكون من نتيجتها زيادة كفاءة التشغيل مثل المفاعلات المبردة بالمعادن السائلة والمفاعلات التى تستخدم المبردات العضوية .

(ج) مفاعلات الوقود السائل .

(د) مفاعلات توالد الوقـود بنوعيها الحرارى والسريع .

وتسير البحوث حثيثاً فى حل الصعوبات التى تعترض هذه الأنواع وأمكن التوصل إلى :

(ا) مفاعلات غازية التبريد ذات الحرارة المرتفعة .

وأمكن الارتفاع بدرجة حرارة المبرد فيها إلى ٧١٠°م مع التحكم بنجاح فى تسرب غاز الهليوم أو نقاوته بالإضافة إلى أن التلوث الإشعاعى كان أقل مرات عديدة من درجة الأمان المسموح بها وطبيعى أنه نتيجة زيادة درجة حرارة المبرد يمكن الوصول لضغوط وخواص أصلح وأحسن للبخار المنتج وبالتالى لجودة أحسن واقتصاديات تشغيل أكثر ملاءمة .

(ب) مفاعلات تستخدم مبردات ومهدئات ذات خواص مفيدة مثل المفاعلات المبردة بالمعادن السائلة والمواد العضوية مما يعطى ميزة رفع درجات الحرارة بدون تزايد الضغط وكذا الحصول على خواص أحسن بالنسبة للانتقال الحرارى ويجرى حالياً حل مشكلات مثل هذه المفاعلات كتحليل المواد العضوية فى المجال الإشعاعى وترسب مركبات صلبة على وحدات الوقود وخطورة الحرائق من أى تسرب للمعادن السائلة .

(ج) مفاعلات الوقود السائل وما تعطيه من تسهيلات فى تحركات الوقود والتخلص من بعض نواتج الانشطار أولا بأول وسـهولة تكرار دورة الوقود وسهولة التحكم بدون قضبان ويتركز هذا النوع من المفاعلات فى طرازين أحدهما يستخدم أملاح الوقود السائلة والجرافيت كمهدىء والآخر يستخدم أكسيد الوقود المعلق فى الماء .

وكلا النوعين يحتاج فى الوقت الحاضر إلى بحوث وتطويرات كبيرة للوصول إلى مرحـلة التشغيل السليم الاقتصادى .

جدول

مقارنة بين أنواع

الخواص	عنصر المفاضلة	مفاعلات التبريد الغازى والجرافييت
١ — نوع الوقود	عدم وجود احتكار للوقود	استخدام يورانيوم طبيعى لا يخضع لاحتكارات الدول الكبرى (حسب التصميم) .
٢ — معدل الاحتراق	ارتفاع معدل الاحتراق	معدل احتراق منخفض
٣ — شحن الوقود فى المفاعل	قلة التعطل بسبب شحن المفاعل بالوقود	يتم شحنها لوقود أثناء العمل
٤ — المهدىء	رخص الثمن وإمكان معالجته أو تعويضه	الجرافيت غالى الثمن فلا يمكن تغييره وينتهى عمر المفاعل بفسادة
٥ — المبرد	رخص الثمن	المبرد رخيص الثمن ولذا فهو غير ذى أهمية
٦ — ضغط الدائرة الأولى	الانخفاض مع عدم إنقاص الكفاءة الحرارية	تعمل على ضغط منخفض مع درجات حرارة عالية
٧ — درجة حرارة المبرد	الارتفاع	درجة حرارة المبرد بدون الحاجة إلى الارتفاع بالضغط

رقم (٤)

المفاعلات الجـــرية

مفاعلات الماء العادى المضغوط	مفاعلات الماء العادى المغلى	مفاعلات الماء الثقيل
تحتاج لوقود مزود وبذا لا يمكن الاستغناء عن الدول الكبرى المصنعة لهذه الوقود .	تحتاج لوقود مزود بهذا لا يمكن استيراده إلا من الدول الكبيرة المصنعة لهذا الوقود .	يورانيوم طبيعى ولا يخضع لاحتكارات الدول الكبرى (حسب التصميم) ويمكن الارتفاع بدرجة حرارة الوقود أعلى من المبرد غازياً نظراً لإمكان استخدام أكسيد اليورانيوم
معدل احتراق مرتفع	معدل احتراق مرتفع	معدل احتراق منخفض ولكنه أكبر من مفاعلات الغاز
لا يمكن تزويده بالوقود إلا بعد إيقاف المفاعل	لا يمكن تزويده بالوقود إلا بعد إيقاف المفاعل	يمكن شحنه بالوقود أثناء العمل
رخيص الثمن فهو الماء العادى	رخيص الثمن فهو الماء العادى	لا يمكن تلاقى فقدان كميات من الماء الثقيل المرتفع الثمن ويمكن تعويضه وكذلك يمكن معالجته
» » » » »	» » » » »	ماء ثقيل فى الدائرة الأولى مرتفع الثمن
ضغط وعاء المفاعل كبيراً لينتج بخاراً على ضغط مناسب	ضغط وعاء المفاعل أقل من وعاء الماء المضغوط لإنتاج نفس البخار	المشاكل التكنولوجية التى تعترض بناء أوعية ضغط كبيرة تتحمل ضغط مرتفع حدت من الارتفاع بقدراتها ويفضل عندئذ أنابيب الضغط .
لا يمكن الوصول إلى بخار ذو درجة حرارة مناسبة بدون ارتفاع كبير فى الضغط	درجة حرارة أقل قليلا من حالة الماء المضغوط لإنتاج نفس البخار	

« تابع »

الخواص	عنصر المفاضلة	مفاعلات التبريد الغازى والجرافيت
٨ — الحجم	الصغر	كبير الحجم وثقيل جداً ويحتاج الأساسات مكلفة
٩ — كثافة الطاقة أى ماتولده وحدة المحترق من الطاقة الحرارية فى قلب المفاعل	الارتفاع	كثافة طاقة منخفضة نسبياً
١٠ — إتاحة القدرة المنتجة	ارتفاع معدل الاتاحه	معدل مرتفع من ناحية الإتاحة المستمرة وثبات القدرة المتاحة
١١ — تغير الحمل	الاستجابة للتشغيل على أحمال صغيرة	يستجيب لتغيير الحمل بسهولة
١٢ — البخار المنتج	ارتفاع الضغط	تنتج بخار محمص عند ضغوط متوسطة
١٣ — التشغيل	أمان التشغيل	دائرة غير مباشرة للبخار ولذا فمحطة التوليد خالية من التلوث
١٤ — التحكم	سهولة التحكم	سهل التحكم نظراً لكبر المعامل الحرارى سالب للفاعليـة
١٥ — وعاء الاحتواء	عدم الحاجة إليه	ليس له لزوم
١٦ — الكفاءة	ارتفاع الكفاءة	كفاءة منخفضة لارتفاع القدرة المستهلكة فى الأجهزة المستخدمة فى تشغيل المحطة

مفاعلات الماء العادى المضغوط	مفاعلات الماء العادى المغلى	مفاعلات الماء الثقيل
صغير الحجم والوزن وبالتالى فأساساته غير مكلفة نسبياً	صغير الحجم والوزن وبالتالى أساساته غير مكلفة	أصغر من مفاعلات الغاز ولكن قلبه أكبر من مفاعلات الماء التى تستخدم اليورانيوم المزود ولذا تكاليف أساسية متوسطة
كثافة طاقة مرتفعة	كثافة طاقة مرتفعة	كثافة طاقة منخفضة ولكن أكثر ارتفاعاً من المبرد غازياً
معدل إتاحة منخفض نسبياً بسبب فترات الشحن وانخفاض القدرة المتاحة أثناء إعادة الشحن	معدل إتاحة منخفض نسبياً بسبب فترات الشحن وانخفاض القدرة المتاحة أثناء إعادة الشحن	معدل مرتفع من ناحية الإتاحة المستمرة وثبات القدرة المتاحة
لايجارى تغير الحمل بشكل مناسب	لايجارى تغير الحمل بشكل مناسب	يجارى تغير الحمل
تنتج بخاراً غير محمصاً وربما رطباً	تنتج بخاراً غير محمصاً وربما رطباً	يعطى بخار منخفض الجودة نظراً لضرورة استخدام دائرة ثانوية
دائرة غير مباشرة للبخار ولذا فمحطة التوليد خالية من التلوث الإشعاعى	دائرة مباشرة للبخار ولذا يكون البخار ملوثاً	دائرة غير مباشرة للبخار ولذا فمحطة التوليد خالية من التلوث الإشعاعى
سهل التحكم نظراً لكبر المعامل السالب للفاعلية	غير سهل التحكم بسبب وجود فجوات بخار متغيرة	سهل التحكم نظراً لكبر المعامل السالب للفاعلية
يلزمها وعاء لعملها عند ضغوط مرتفعة	يلزمها وعاء احتواء لعملية عند ضغوط مرتفعة	يلزمها وعواء احتواء لعمله عند ضغوط عالية
كفاءة متوسطة	كفاءة متوسطة نسبياً	كفاءة منخفضة عن مفاعلات الماء العادى

« تابع »

الخواص	عنصر المفاضلة	مفاعلات التبريد الغازى والجرافيت
١٧ — إقامة المحطة بالموقع	عدم الحاجة لخبرات خاصة	يحتاج لكثير من الخبرات الخاصة لأن كثير من الأجزاء مصنع فى الموقع
١٨ — التكاليف الإنشائية	رخص التكاليف	تكاليف باهظة للانشاء
١٩ — تكاليف إنتاج القوى	رخص القدرة المنتجة	غير اقتصادي للأحجام الصغيرة والمتوسطة
التطورات الجديدة :		١ — استخدام الوقود المزود فيما سمى المفاعل الغازى التبريد المستحدث وتحقق من هذا التعديل كثافة طاقة مرتفعة وكذا ارتفاع معدل الاحتراق وبالتالى كمية الحرارة المنتجة من الوقود وبذا أمكن الارتفاع بجودة المحطة والانخفاض بتكاليف الإنشاء ٢ — استخدام وحدات الوقود المجوفة واستخراج الحرارة من خارج وداخل الوحدة وذلك للتغلب على قيد درجة حرارة معايير أحد الوقود الكبيرة القطر وبذا يمكن رفع درجة حرارة الغاز لمدى أكثر عند نفس الضغط . ٣ — وأخيراً أمكن استحداث نوع جديد من المفاعلات الغازية التبريد يعتمد أساساً على استخدام الوقود المزود وعدم استخدام معادن ذات حدود منخفضة بالنسبة للحرارة وهذا يسمح بالارتفاع فى درجة حرارة القلب ارتفاعاً كبيراً وذلك فى المفاعلات المسماة المفاعلات غازية التبريد ذات الحرارة المرتفعة ومن الطبيعى أن ذلك يزيد كثيراً من كثافة الطاقة وكذا من تحسين خصائص البخار المنتج فى مولدات البخار

مفاعلات الماء العادى المضغوط	مفاعلات الماء العادى	مفاعلات الماء الثقيل
مبرد أكثر أجزاؤها كامل للتصنيع تركب فى اوقع	يورد أكثر أجزاؤها كاملة التصنيع وتركب فى الموقع	يورد أكثر أجزاؤها كاملة التصنيع وتركب فى الموقع .
تكاليف إنشاء مناسبة ولكن أكثر من الماء المغلى	تكاليف إنشاء مناسب	تكاليف باهظة للانشاء لاستخدام كثيراً من المواد الخاصة المكلفة .
اقتصادى للأحجام المتوسطة	اقتصادى للأحجام الصغيرة والمتوسطة	غير اقتصادى للأحكام الصغيرة .
١ — إدخال التخميص النووى وذلك للتغلب على مشكلة انخفاض جودة البخار المتولد الذى عادة مايكون بخاراً مشبعاً أو رطباً ولذلك عيوب كبيرة تظهر فى تصميم تشغيل التربينات البخارية . ٢ — التطوير الذى طرأ سبائك الزركونيوم والصلب غير قابل للصدأ واستخدام الوقود الخزفى من أكسيد اليورانيوم يترتب عليه استغلال الوقود بنسبة احتراق مرتفعة وزيادة كثافة الطاقة . ٣ — الارتفاع بضغط ماء التبريد فى مفاعلات الماء إلى مافوق الضغط الحرج بحيث يمكن إنتاج بخار عند ضغط فوق الحرج لما له من الخواص أفضل للانتقال الحرارى ٤ — استخدام طرق مستحدثة للاحتواء مثل الاحتواء الثلجى لتقليل نفقات أوعية الاحتواء العادية .	١ — إدخال التحميص النووى وذلك للتغلب على مشكلة انخفاض جودة البخار المتولد الذى عادة مايكون بخاراً مشبعاً أو رطباً ولذلك عيوب كبيرة تظهر فى تصميم تشغيل التوربينات البخارية . ٢ — التطوير الذى طرأ على سبائك الزركونيوم والصلب غير قابل للصدأ واستخدام الوقود الخزفى من أكسيد اليورانيوم ممايترتب عليه استغلال الوقود بنسبة احتراق مرتفعة وزيادة كثافة الطاقة الكماوى . ٣ — استخدام طرق مستحدثة للاحتواء مثل طريق تخفيض الضغط بالتكثيف .	

(د) مفاعلات توالد الوقود بنوعيها الحرارى السريع :

وتدرس حالياً أوضاع ومشاكل استخدام المواد الخصبة مثل الثوريوم فى عديد من المفاعلات المجربة والمطورة والمستحدثة ويعتبر هذا النوع من المفاعلات أمل الطاقة الذرية فى أى تنافس اقتصادى بينها وبين المحطات التقليدية إذ أنه بدأ فى السيتينات ارتفاع منتظم فى أسعار الخامات وأسعار العمالة مما تسبب فى ارتفاع أسعار المحطات النووية والتقليدية على السواء . . ونظراً لأن الجزء الممثل فى سعر وحدة الكهرباء لثمن المحطة يزيد فى المحطات النووية عن مثله فى المحطات العادية ما بين ثلاثة أو أربعة أضعاف . . لذلك فإن استمرار منافسة المحطات النووية للمحطات التقليدية فى القدرات التى كانت تنافسها فيها وهى فوق ٣٠٠ ميجاوات تصبح مهدده ما لم توجد طريقة ما لتخفيض سعر الوقود لكل كيلوات/ ساعة منتجة .

وقد أمكن فى الماضى تخفيض سعر الوقود لكل كيلوات / ساعة منتجة بواسطة أحد أو مجموعة من العوامل التالية :

زيادة معدلات احتراق وقد تزايدت كالآتى :

فى مفاعلات اليورانيوم الطبيعى المبرد بالغاز ارتفعت من ٣٠٠٠ — ٧٠٠٠ ميجاوات/ يوم للطن

فى مفاعلات اليورانيوم الطبيعى المهدئة والمبردة بالماء الثقيل ٤٥٠٠ — ١٤٠٠٠ ميجاوات/يوم للطن

فى مفاعلات اليورانيوم المزود بنسبة طفيفة ١١٠٠٠ — ٣٠٠٠٠ ميجاوات/يوم للطن

فى مفاعلات اليورانيوم المزود بنسبة كبيرة إلى ٦٠٠٠٠ ميجاوات/يوم للطن

وأصبح زيادتها عن ذلك كثيراً غير محتمل وبذا فلا ينتظر أن تحدث زيادتها الطفيفة نتيجة تطوير معدن الغطاء أو أى تعديلات أخرى خفض محسوس فى سعر الوقود لكل كيلووات /ساعة .

تطوير صناعة وحدات الوقود :

وقد بلغت هى الأخرى مداها تقريباً من حيث انخفاض أسعار تصنيعها نتيجة تطوير وتحسين وسائل إنتاجها وزيادة كفاءة الآلات وخلافه وبذا فلا ينتظر أن تؤثر بالنقص على سعر الوقود لكل كيلوات/ ساعة .

وعلى ذلك فانه بالنسبة لأنواع المفاعلات المستخدمة حالياً من المنتظر أن يقل تنافسها مع المحطات التقليدية لتوليد القوى تدريجياً مالم يمكن التوصل لحل مشاكل مفاعلات التوليد ونجاح استخدام المواد الخصبة واعتماد دائرة الوقود عليها وبذا فيمكن التوصل إلى تخفيض سعر الوقود بطريقة جزرية مع وجود فائض منه كبير يساهم فى تخفيض سعر خامات الوقود والمواد الخصبة وبذلك يمكن مجابهة الارتفاع الناشىء فى أسعار المحطات ذاتها والاحتفاظ بمستوى الأسعار خصوصاً وأن

وقود المحطات التقليدية يزداد استخدامه كمادة خام فى كثير من الصناعات الكيمائية والغذائية اللازمه لتغطية احتياجات الانفجار السكانى فى العالم .

إلا أنه توجد ظروف خاصة تعتبر فى صالح المحطات النووية مثل :

(ا) الحاجة إلى وجود طاقة كهربائية فى بعض المناطق النائية مثل مناطق الخامات والمناجم الغنية البعيدة عن العمران أو بعيداً عن أى مصدر تقليدى للكهرباء أو ضرورة نقل الوقود لمسافات طويلة بدون وجود وسائل وطرق المواصلات والنقل المناسبة تهب الطاقة الذرية للنجدة. وفى الوقت الحاضر فإن محطة حرارية من قدرة ٢٠٠ ميجاوات تكون إقتصادية لو أن مصدر الوقود التقليدى إحتاج لنقل أزيد من ٥٠٠ كيلومترا .

(ب) استخدامها فى السفن إذا يمكن أن تقطع السفن مسافات طويلة بدون تزويد بالقوة مثل السفن العادية التى تحتاج للتزود بالوقود على فترات قريبة لعدم إمكانها نقل كل إحتياجاتها منه وإلا استهلكت حمولة السفينة فى حمل وقود تشغيلها ولذا يمكن زيادة سعة السفن وكفاءتها وتخفيض أسعار الشحن وبالتالى البضائع المنقولة كما تعتبر شيئاً نموذجى باستخدامها فى الغواصات فى زمن الحرب .

إذ لا تضطر للعودة للميناء للتزود بالوقود فى فترات قريبة كما يمكنها البقاء تحت الماء مدة طويلة إذ أن الأكسوجين يستخدم للتنفس فقط إذ أن الوقود النووى لا يستهلك أى أكسوجين .

(ج) استخدامها فى المناطق المتجمدة إذ لا يكون هناك مشاكل تجمد الوقود المخزون كما يحدث بالنسبة للمحطات التى تستخدم الوقود التقليدى أو لنقل الوقود بكميات مناسبة على مدار السنة واختلاف الفصول.

٧ — مقارنة إقتصادية :

ومن خلال الخبرات المتوفرة من تشغيل الأنواع المجربة فقد أمكن المشتغلين بالبحث فى النواحى الفنية والاقتصادية لهذه الأنواع من الوصول إلى تصميمات أكثر كفاءة وأقل تكلفة ومستوى اقتصاديات مناسبة .

تأتى بعد ذلك المفاضلة الاقتصادية :

فيتوقف سعر الطاقة الكهربائية على أساسين :

١ — تكاليف رأس المال الذى صرف على إنشاء المحطة .

٢ — تكاليف الوقود والصيانة والتشغيل .

ومن المعروف أن تكاليف الكيلوات المنشأة فى المحطات المختلفة كما يلى :

محطات حرارية تقليدية جنيه لكل كيلووات	محطات نووية جنيه لكل كيلووات منشأ	محطات مائية جنيه لكل كيلووات منشأ
٥٠ — ٨٠	١٠٠ — ١٥٠	٧٠ — ٢٠٠

أما تكاليف الوقود فان الجدول الآتى يبين تكاليف الوقود لكل مليون وحدة حرارية بريطانية .

نوع المحطة	مليون لكل مليون وحدة بريطانية	نصيب الوقود فى سعر كل كيلووات ساعة
محطات تستخدم الفحم	٩ مليمات	٠,٣
محطات تستخدم البترول	١٧ مليماً	٠,٥٨
محطات نووية تستخدم اليورانيوم الطبيعى	٩ مليمات	٠,٠٣
محطات نووية تستخدم اليورانيوم المزود	٤ مليمات	٠,١٤

نستخلص من هذا أن المحطات النووية لم تصبح بدعة العصر بل أصبحت ضرورة لابد منها سواء من الناحية الاقتصادية أو الحرارية خصوصاً وبعد أن حل التقدم التكنولوجى كثيراً من مشاكل ارتفاع أسعار منشآتها الأولية إذ أن التخفيض الكبير الموجود فى أسعار وقودها جعلها بالنسبة للقدرات الأكبر من المتوسط والكبيرة فى تنافس مع المحطات التقليدية .

وهناك شبه اتفاق على أن السعة الكهربائية التى يمكن أن تتنافس بها اقتصادياً الأنواع المجزية من المحطات النووية مع المحطات الحرارية التقليدية هى الآن ٣٠٠ ميجاوات وأكثر .

ولو أنه توجد ظروف خاصة تخفض من هذا الحد كما فى الحالات التى يتحتم فيها نقل الوقود لمسافات طويلة .

وعلى ذلك فيمكن النظر إلى توليد الطاقة النووية على أنه يعمل على تصحيح الوضع الناشىء من عدم التوازن فى توزيع مصادر الوقود المألوفة فى العالم .

ولما كانت إقتصاديات تشغيل المحطات النووية تتأثر تأثيراً كبيراً بخواص الشبكة الكهربائية التى تغذيها ونظراً لارتفاع تكاليف رأس المال فى المحطات النووية وانخفاض تكاليف الوقود والتشغيل فإن أفضل نظام لتشغيل هذه المحطات هو نظام العمل على حمل القاعدة الثابت .

وبجانب استخدام الطاقة الذرية لتوليد الكهرباء نجد أنها تنفرد ببعض المميزات التى تفتح أمامها أبواباً كثيرة يجب التفكير فيها ومحاولة استغلالها لصالح الإنسانية وأهم هذه المجالات هى مسألة تعذيب المياه أو إزالة ملوحة مياه البحر إذ أننا كما نعلم فإن أكثر من ٤٠٪ من أراضى العالم تعتبر أرضاً قاحلة وصحراوية لاتنتج أى شىء يمكن مجابهة الانفجار السكانى الخطير فان أمل البشر الوحيد هو فى حل مشكلة هذه الأرض بزراعتها وتنميتها لتوفير المياه الصالحة للاستعمال الآدمى من شرب وزراعة وصناعة يكون ذلك بتحويل مياه البحر إن وجدت إلى مياه عذبة بازالة ملوحتها باستخدام الطاقة الحرارية أو الكهربائية ومن حسن الحظ

أن أكثرية المناطق القاحلة توجد بالقرب من البحار والمحيطات ونظراً لأن أغلب هذه الأرض القاحلة فى أماكن بعيدة عن مصادر القوى الحرارية والكهربائية التقليدية فان الأمل الوحيد هو فى استخدام الطاقة الذرية لهذا الغرض .

وهنا تقارير وبحوث كثيرة تتناول دراسة مثل هذه المشروعات من الناحية الاقتصادية تمهيداً لتطبيقها فى محطات تجريبية إما على شكل محطات لإعذاب المياه فقط أو محطات مزدوجة الغرض لتوليد الكهرباء وإعذاب المياه . وتنبىء هذه الدراسات بتحسين الاقتصاديات مع ازدياد سعة المحطات ... والهدف هو الوصول بثمن المتر المكعب من الماء العذب لحد يسمح باستخدامه للأغراض الزراعية والصناعية والاسكانية وقد قاد ذلك إلى بحوث مستفيضة .

الخلاصة

يتضح مما سبق أن هناك مجالات اقتصادية كبيرة للتطبيقات النووية وأن أهم سلعة بلا شك هى الطاقة فى صورة أو أخرى كالكهرباء أو الحرارة وبجانب ذلك هناك أيضاً تطبيقات النظائر وما لها من مجالات بحثية وتطبيقية فى الزراعة والصناعة والطب وخلافه .

كل ذلك يبرر توجيه إمكانيات علمية كثيرة لإدخال العلم والتكنولوجيا فى الدول النامية للاطلاع بهذه الأعباء حتى تجنى ثمارها وأخيراً وليس آخراً يجب توجيه الإمكانيات العلمية إلى تلك المجالات التى تخدم الدولة وعدم بعثرة الجهود إلا بحد أدنى يضمن قاعدة علمية عريضة نوعاً ما .

ولا يمكن هنا فى هذا المجال تحديد تلك الاتجاهات إذ أنها تختلف من دولة لأخرى على حسب ظروفها الإقتصادية ووضعها على سلم النمو إنما يمكن الجزم بدون شك أنه يجب بذل اهتمام كبير للاستفادة من تلك الإمكانيات . كما يجب أن يبنى ذلك على دراسات عميقة علمية واقتصادية .

تهوية الغرف ايجابيا بتأثير اختلاف درجات الحرارة

للمهندس أحمد ربيع الغرباوى
والدكتور المهندس على صالح
والدكتور المهندس كمال الدين حسن

مقدمة :

لوحظ فى بعض المبانى التاريخية التى من العصر الإسلامى أن لها أنظمة للتهوية بعضها كان يؤدى الغرض منه بصورة مرضية . لهذا أجريت التجارب موضوع هذا التقرير لمحاولة تطوير بعض هذه الأنظمة بما يتفق مع النظريات العلمية الحديثة وما يتناسب مع المواد وطرق البناء العصرية .

وقد أجريت التجارب موضوع هذا التقرير على غرفتين كانتا موجودتين فعلا فى أرض التجارب جنوب المعهد . وقد استعملت إحدى الغرفتين المقارنة وأعدت الأخرى بحائط مظل لمنع أشعة الشمس من السقوط على أحد جدرانها ولسحب الهواء منها كما هو مفصل فى صلب هذا التقرير . على أن بعض الصعوبات قابلت التجارب أهمها قصور الجهاز المستعمل لقيـــاس تصرف الهواء الخارج من الغرفة عن أداء الغرض منه تحت ظروف التجارب بحيث لا يمكن الاستفادة فعلا من نتائج هذه التجارب فى الحياة العملية . على أنه من ناحية أخرى فقد بينت نتائج التجارب اتجاهات عامة لم تكن منتظرة مما يرجى منه الاستمرار فى هذه التجارب مع استعمال أجهزة مناسبة يستوردها المعهد لهذا الغرض .

موضوع التجارب :

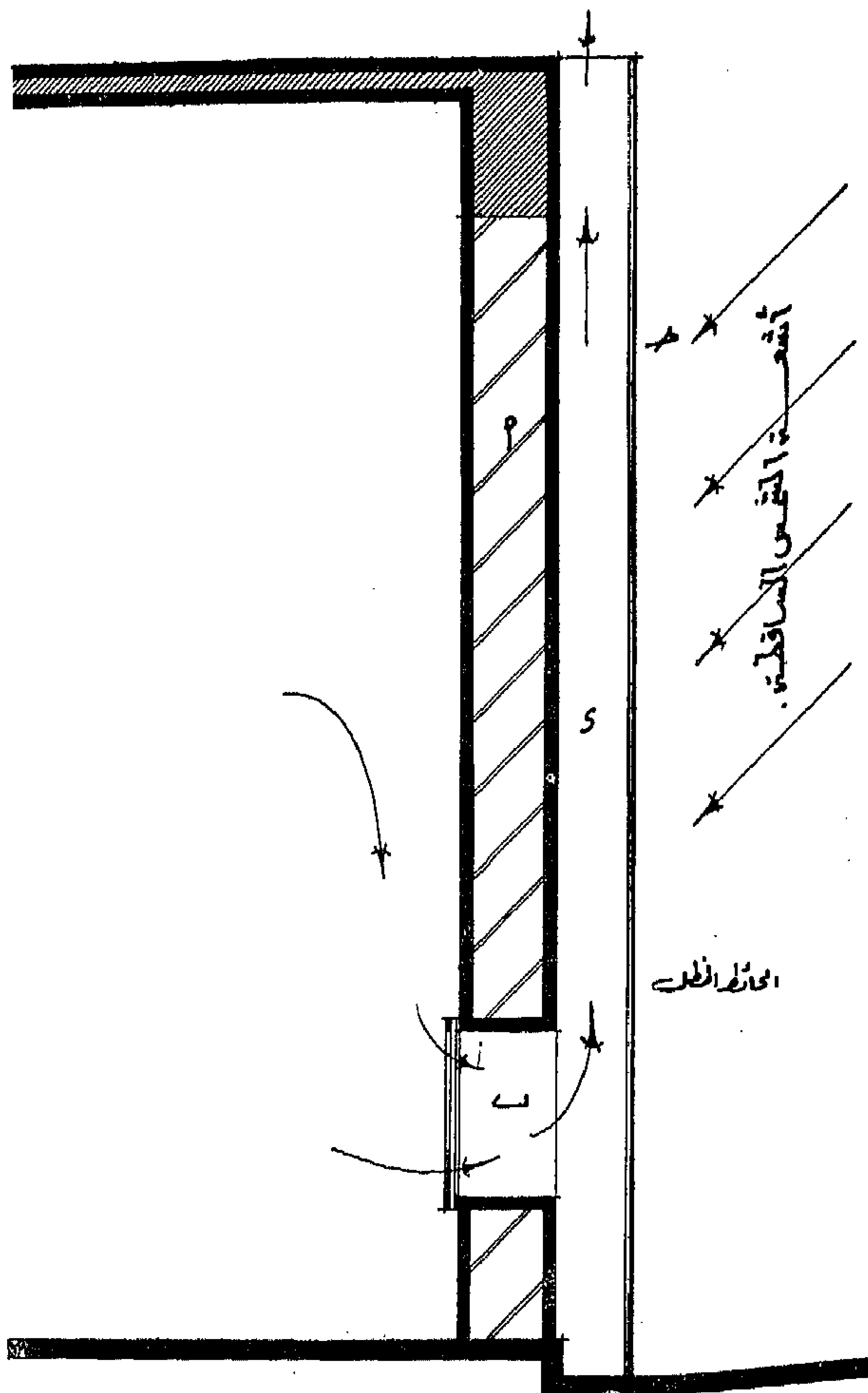
الغرض الأساسي من هذا البحث هو تقليل تأثير أشعة الشمس على المبانى والاستفادة من هذه الأشعة فى تهويتها بدون استعمال أجهزة ميكانيكية أو كهربائية مما قد يكون ذا فائدة فى المناطق الصحراوية النائية التى لا تتوفر بها الطاقة من هذين النوعين على أن يتم هذا بأقل تكاليف ممكنة .

والفكرة الأساسية فى هذا البحث هى إضافة حائط مظل رقيق بجانب جدار المبنى المعرض للشمس وعلى بعد قليل منه بحيث يمنع أشعة الشمس من السقوط على الجدار مباشرة ثم الاستفادة من وجود الهواء الساخن بين الحائط المظل والجدار فى سحب الهواء من المبنى . ويمكن الوصول إلى هذا الغرض بعمل فتحات فى أسفل جدار المبنى يصل بين الهواء داخل الغرف والهواء فى الفراغ بين الحائط والجدار الذى يقوم فى هذه الحالة بدور المدخنة يرتفع فيها الهواء المسخن بأشعة الشمس فيسحب الهواء الداخلى من خلال هذه الفتحات مما يؤدى إلى تهوية المبنى . ولحالة معينة فان قوة سحب الهواء (الفرق بين ضغط الهواء الخارجى والضغط فى أسفل المدخنة) تتناسب مع ارتفاع الحائط المظل (المدخنة) ومع متوسط درجات حرارة الهواء فى الفراغ بين الحائط والجدار .

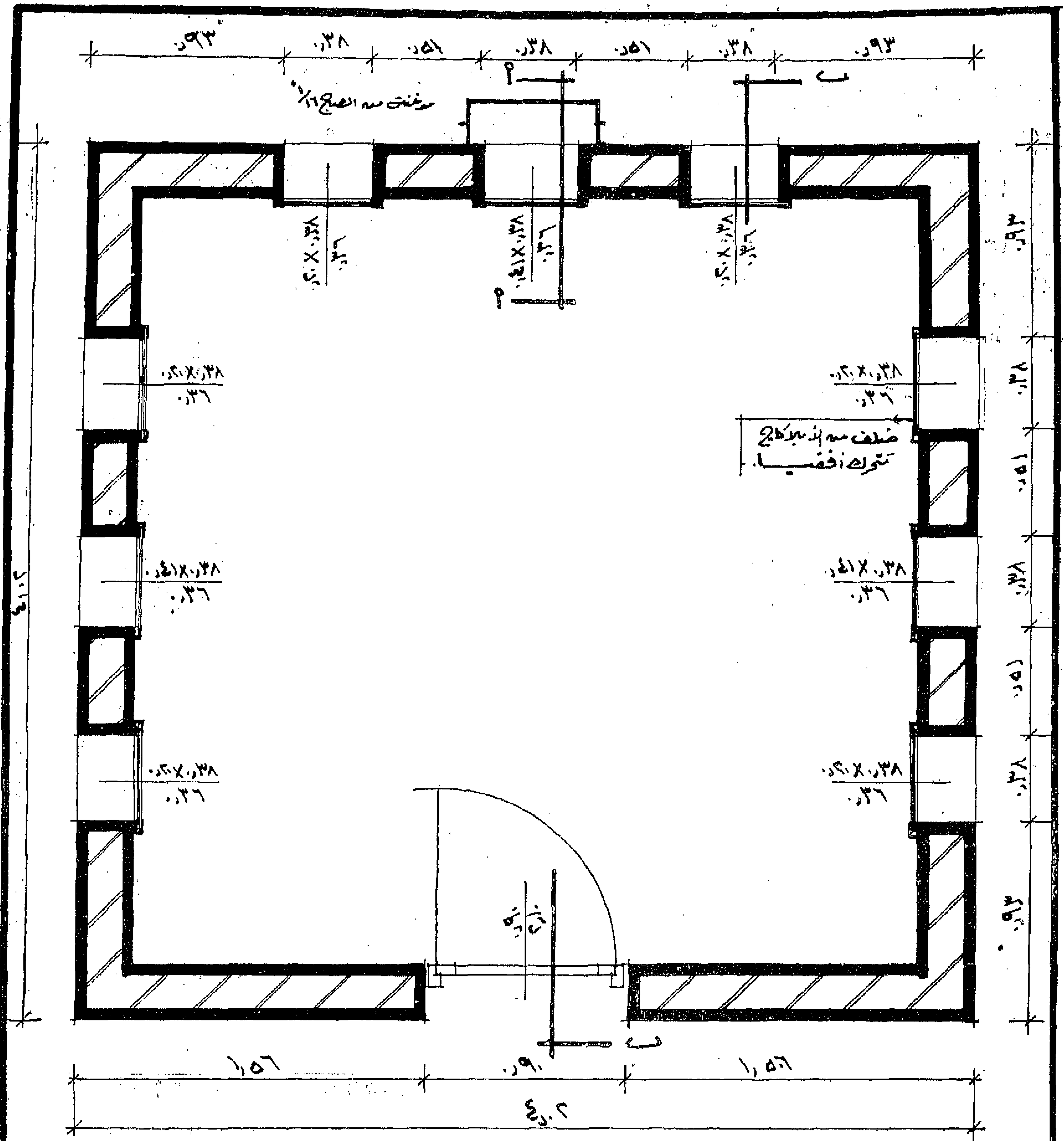
ويبين شكل (١) تفاصيل هذه الفكرة إذ يبدو فيه الجدار الرئيسى « أ » للمبنى وبه الفتحة « ب » فى أسفله وقد أقيم أمامه الحائط المظل « ﺟ » مع ترك الفراغ « د » بينهما . فإذا سقطت أشعة الشمس على الحائط « ﺟ » لم تصل إلى الجدار « أ » بل ترفع درجة الحرارة فى الفراغ « د » الذى يخف ويرتفع ساحباً الهواء من داخل المبنى من خلال الفتحة « ب » ، وبهذا يستفاد من الحائط المظل « ﺟ » فى تهوية المبنى ومنع وصول أشعة الشمس إلى الجدار الخارجى « أ » .

أهداف التجارب :

إذا كانت النظرية العملية التى بنيت عليها فكرة البحث بسيطة ثابتة ومستعملة فعلا فى تهوية المبانى قديماً فى البلاد الباردة باستخدام مدافىء الفحم والخشب ذات المداخن ، فقد استهدفت التجارب موضوع هذا التقرير قياس تأثير العوامل المختلفة على كمية الهواء المسحوبة من المبنى وتأثير ذلك بالتالى على درجة الحرارة داخله : وقد نظمت التجارب بحيث يمكن معها قياس تأثير العوامل التالية :



(شكل رقم ١)



• لفتحات الشبابيك — عرض × ارتفاع / جلسة .
• لفتحات الأبواب — عرض / ارتفاع .

• مادة الحائط — طوب رملي وردي ٢٥×١٢×٦سم
• مادة السقف — خرسانة مسلحة تخانة ١٠سم

شكل ٢-٢. مسقط في غرفة التجارب.

مقياس الرسم
١/٢٥

١ — مادة الحائط المظل وطلائها فالألواح المعدنية مثلا أكثر توصيلا للحرارة من المواد العازلة ، وبهذا قد تفضلها من ناحية تهوية المبنى إذ ترفع درجة الحرارة فى الفراغ «د» شكل (١) أكثر منها فى حالة المواد العازلة . على أن الألواح المعدنية قد تقل فى الجودة عن المواد العازلة من حيث تقليل تأثير الإشعاع الشمسى على جدران المبنى . هذا بخلاف الفرق الكبير فى تكاليف المواد المختلفة .

٢ — سمك الفراغ «د» شكل (١) بين الجدار والحائط المظل فلسمك طبقة الهواء فى هذا الفراغ تأثير مباشر على سرعة الهواء المنقول وكميته .

٣ — وضع الحائط بالنسبة للاتجاهات الأصلية مما يؤثر على طول الفترة التى يتعرض لها الجدار لأشعة الشمس وتوقيت هذه الفترة بالنسبة لتغيير درجة حرارة الجو الخارجى والداخلى عموماً .

٤ — مساحة مسطح الفتحة «ب» شكل (١) وتوزيع هذا السطح على فتحة أو أكثر ووضع هذه الفتحة أو الفتحات بالنسبة للحائط المظل وللمبنى عموماً .

٥ — استبدال الحائط المظل بمدخنة تغطى المنطقة المحيطة بفتحة التهوية «ب» شكل (١) فى الجدار .

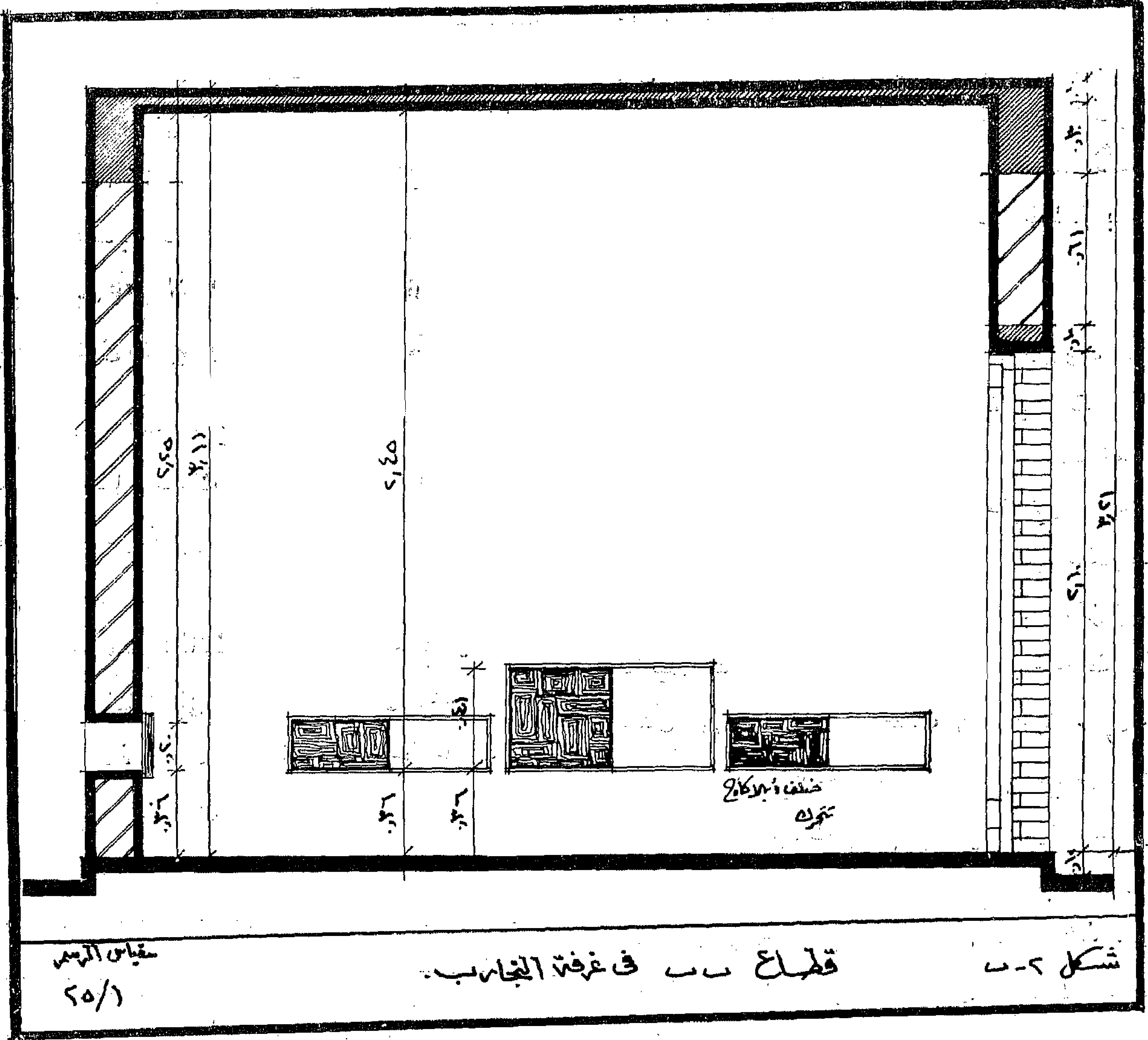
غرف التجارب :

اختيرت لإجراء هذه التجارب غرفتان متشابهتان تقريباً وقد أعدت غرفة منهما لإجراء التجارب عليها وتركت الأخرى للمقارنة . والغرفتان سبق بناؤها لأغراض أخرى وقائمتين بارض التجارب التابعة لوزارة البحث العلمى والتى تقع جنوب المعهد . والغرفتان مربعتان أبعادهما ٣,٥٠ × ٣,٥٠ متر وارتفاع ٣,٠٠ متر وجميع الحوائط لها خارجية بسمك ٢٥ سم تتجه للجهات الجغرافية الأصلية . ولكل من الغرفتين سقف من الخرسانة المسلحة بسمك ١٠ سم .

وغرف التجارب مبنية من الطوب الوردى وقد عملت فى كل من جدرانها القبلية والشرقية والغربية ثلاث فتحات خصيصاً لهذه التجارب : الفتحة الوسطى كبيرة أبعادها ٤٠ × ٤٠ سم وعلى جانبيها فتحتين صغيرتين كل منهما بعرض ٤٠ سم وارتفاع ٢٠ سم . وقد ركب لكل فتحة باب صغير ينزلق أفقياً لتغيير مساحتها ، ويبين شكل (٢) تفاصيل هذه الغرفة . وقد أعد لهذه الغرفة حائط مظل معدنى من الصاج الرقيق بسمك ١ مم طوله ٤,٠٠ متر متر وارتفاعه ٣,٠٠ متر مكون من خمس قطع عرض كل منها ٨٠ سم مربوطة ببعضها بمسامير مقلوظة بصواميل ويفصل بينهما أشرطة من المطاط لمنع تسرب الهواء بين الفواصل . ويبين شكل (٣) تفاصيل هذا الحائط . وقد أعد لهذا الحائط قضيبان يمكن تحريكه عليهما مما يمكن معه التحكم فى المسافة بينه وبين جدار المبنى فى حدود ٥ إلى ٢٥ سم .

وكذلك أعدت لغرفة التجارب «مدخنة» من الصاج بسمك ٠,٧ مم مقاسها ٠,١٠ × ٠,٥٠ × ٣ متر يمكن تكبيرها إلى ٠,٢٠ × ٠,٥٠ × ٣,٠٠ متر بإضافة وصلتين إليها . ويبين شكل (٤) تفاصيل هذه المدخنة .

أما غرفة المقارنة فمبنية من الطوب الأحمر العادى بها شباك مقاسه ١,٣٠ × ١,٣٠ متر كما هو مبين فى شكل (٥) .



شكل ٢-ب

الأجهزة المستعملة :

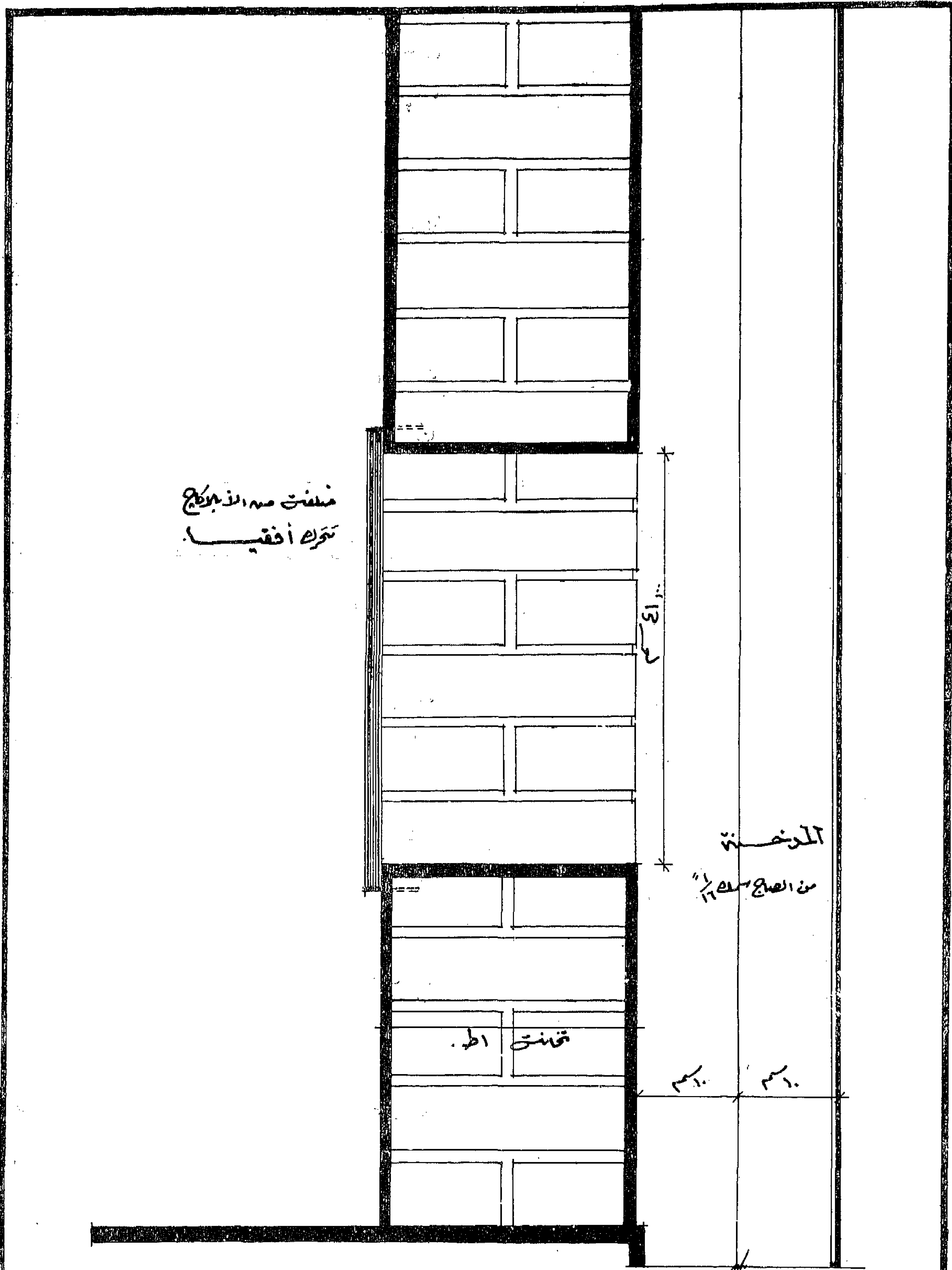
قيست كمية الهواء الخارج من الغرفة بقياس سرعته على فتحات التهوية وذلك بجهاز أنيمومتر Anemometer من نوع Flo Rite, Model MRF, Style 1000 استعير من قسم الهندسة الميكانيكية ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة .

وقد سجلت درجات الحرارة في غرفتي التجربة والمقارنة بمسجلين لدرجة الحرارة من نوع Fischer, Type 4035 and 5035 وهما من أجهزة المعهد .

تنظيم التجارب :

* بدأت التجارب على الجدار القبلي بوضع الحائط المظل على بعد ١٠ سم منه .

* أخذت القراءات لمساحات مختلفة للفتحات باستعمال بابها المنزلق بحيث أخذت لكل فتحة قراءات على مساحتها الكلية وعلى الكسور التالية من هذه المساحة الكلية : $\frac{٣}{٤}$ ، $\frac{١}{٢}$ ، $\frac{١}{٤}$.



مقياس الرسم ١/٥٠

شكل ٢ - حـ قطاع تفصيلي في فتحة التهــــوية

* أخذت القـــراءات ست مرات يومياً بدأت فى الأوقات التالية : ـــ,١٠ صباحاً ، ـــ,١٢ ظهراً ، ـــ,١ ، ١٫٣٠ ، ـــ,٣ ، ـــ,٤ مساء .

* حسبت سرعة الهواء بقـراءة واحدة متوسطة للأنيمومتر بوضعه فى وسط الفتحة المستعملة .

* استعملت الفتحة الوسطى فى الحائط الشرقى (البعيد عن اتجاه الرياح) لإدخال الهواء إلى الغرفة بدلا من الخارج منها مع تغيير مساحتها لمعرفة تأثير هذا التغيير .

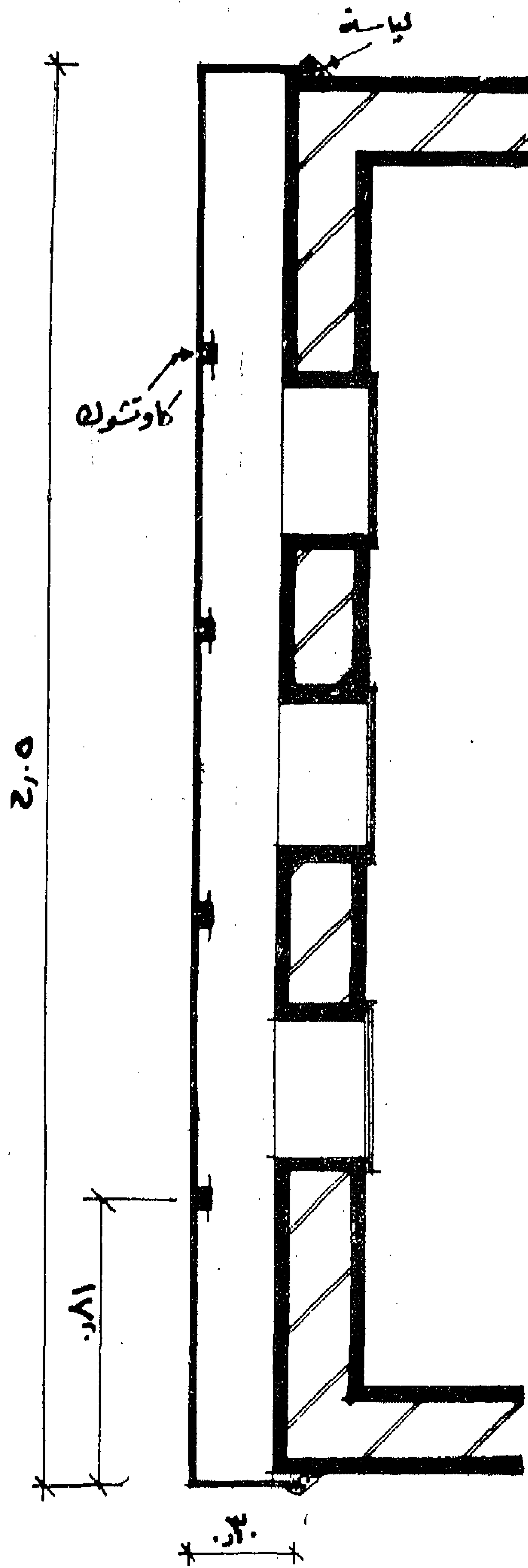
* فى بعض الحالات أخذت قراءات لـكمية الهواء الداخلة إلى الغرفة من الأخذ لمقارنتها بكمية الهواء الخارجة.

* أعيدت التجارب بعد وضع الحائط المظل على بعد ٢٠ سم من الجدار بدلا من ١٠ سم .

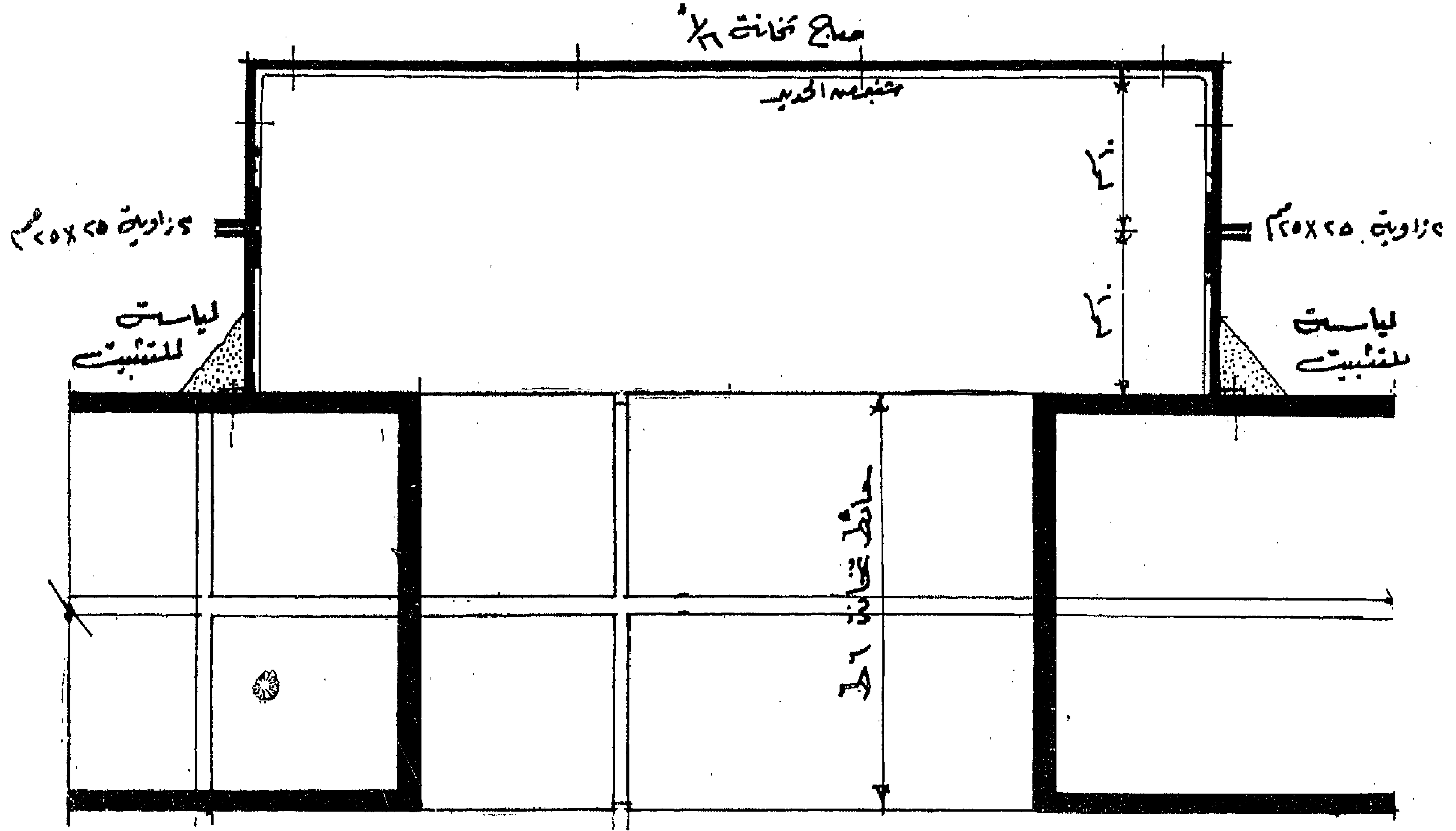
* أعيدت التجارب باستعمال « المدخنة » على الفتحة الوسطى فقط مع تغيير مقاس المدخنة كما هو مبين فى وصفها.

* أخذت بعض القياسات بدون الحائط المظل أو المدخنة المقارنة .

* خصصت لـكل فتحة فى كل حالة ورقة رسم بيانى سجل فيها تغير كمية الهواء الخارجة مع مساحتها .



(شكل رقم ٣)



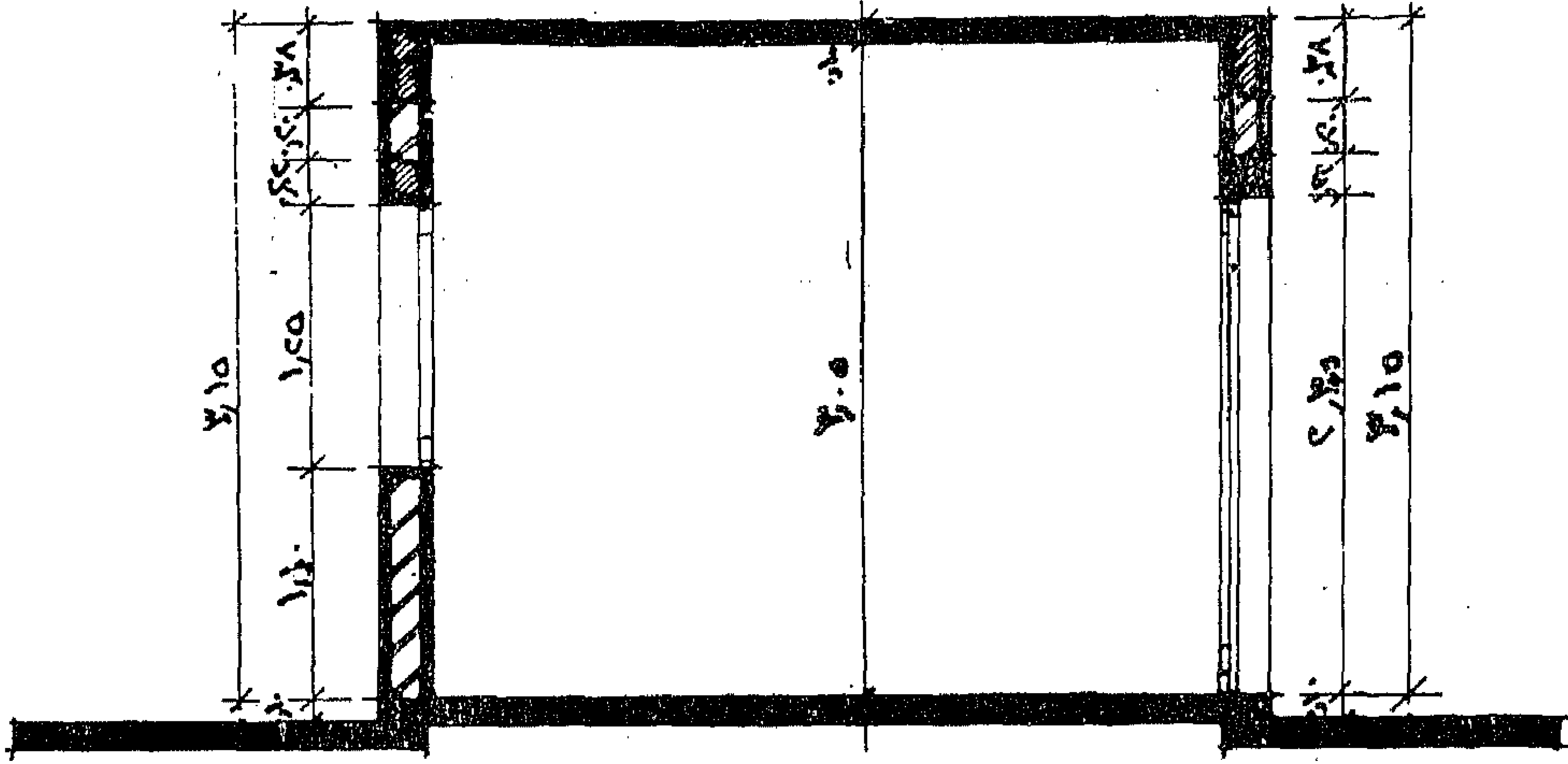
(شكل رقم ٤)

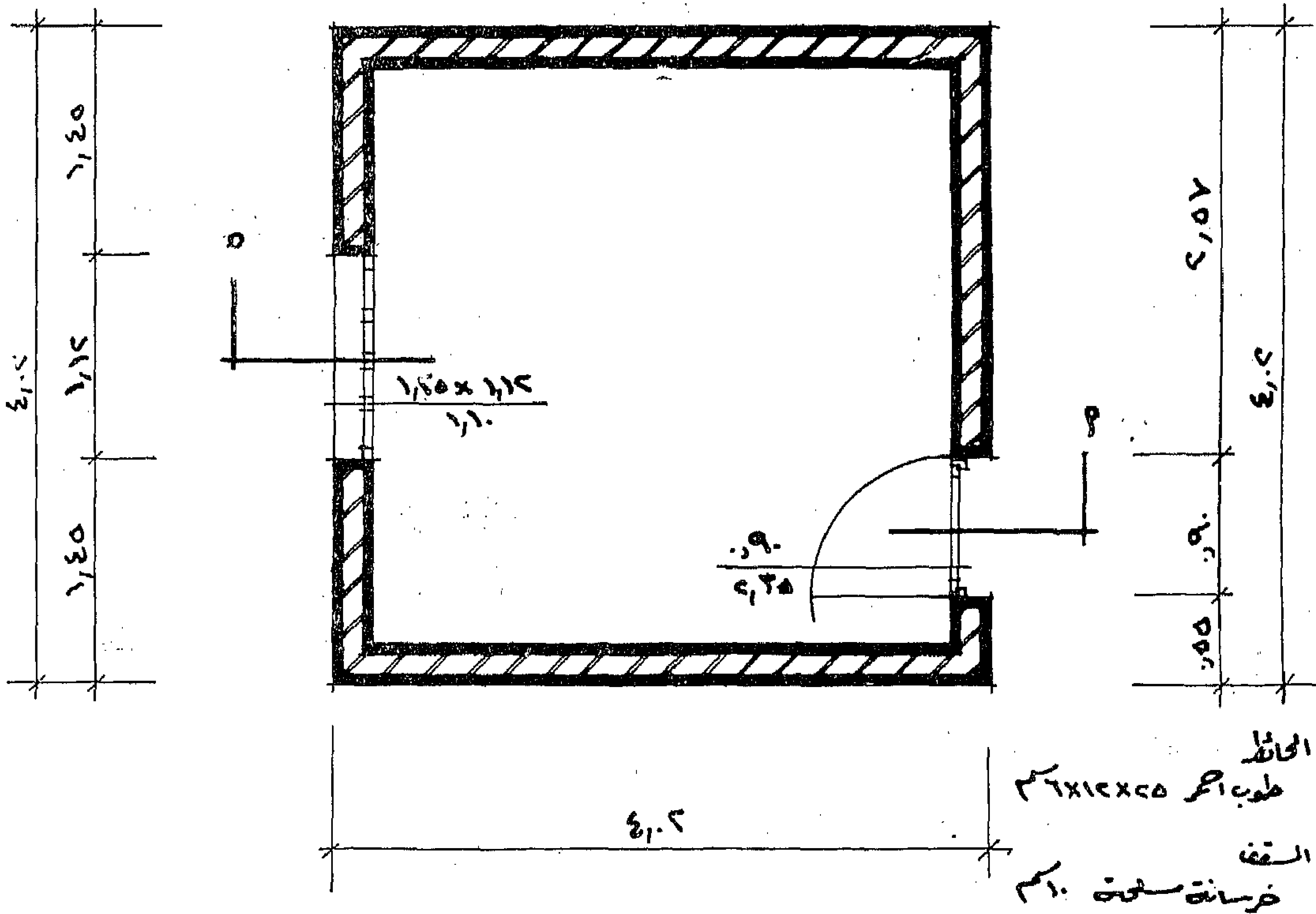
الصعوبات التى قابلت التجارب :

قابلت التجارب بعض الصعوبات بعضها المعتاد والبعض الآخر أساسى يؤثر فى نتائجها تلخص فيما يلى :

لوحظ أن سرعة الهواء الخارجى غير منتظمة فى وقت إجراء التجارب (أغسطس وسبتمبر ١٩٦٦) إذ تعتريها دفعات قوية gusts على فترات متقاربة وغير منتظمة خاصة فى الفترة بعد الساعة الثالثة مساء ، وقد زادت هذه الظاهرة حدة فى الأيام الأخيرة للتجارب . وقد لوحظ أن لهذه الدفعات تأثير ملموس على قراءات سرعة الهواء داخل الغرفة مما استحالت معه هذه القراءات فى بعض الأحيان . ولما كان الاتجاه السائد للرياح من الشمال الغربى فقد أمكن تقليل تأثيرها بعدم استعمال باب الغرفة (البحرى) كمأخذ للهواء واستعمال الفتحة الوسطى فى الجدار الشرقى لهذا الغرض . وقد وضع حاجز مائل (بلاطة أسمنتية) أمام هذه الفتحة من الخارج مع سد إحدى الفتحات الثلاثة المتكونة بين الحاجز والجدار بكسر الطوب .

على أن الصعوبة الكبرى كانت فى قياس سرعة الهواء بالأنيمومتر السالف الذكر فقد كانت الذبذبة فى قراءاته كبيرة يصعب معها أخذ متوسط يعتمد عليه لتعين سرعة الهواء أثناء خروجه من الفتحة وهى القراءات الرئيسية فى البحث ، وحيث أنه لا يوجد أنيمومتر مناسب لظروف هذه التجارب بالمعهد أو أى مكان آخر معروف ، فقد اضطررنا إلى الاستمرار فى التجارب بالجهاز المذكور .


قطـــاع ٢-٢.



- مادة الحائط
طوب احمر ٢٥×١٢×٦ سم
- مادة السقف
خرسانة مسلحة ١٠ سم

شكل ٥ مسقط وقطاع فى غرفة المقارنة.

مقياس الرسم
٥٠/١

النتائج والتعليق عليها :

تراوحت كمية الهواء الخارجة من الغرفة فى أغلب الحالات بين ٢٠ ، ٦٠ لتر فى الثانية غير أنه نظراً لصعوبة قراءة سرعة الهواء الخارج من الغرفة بالأنيمومتر الذى استعمل كما هو مشروح فى البند السابق فلا يمكن الاعتماد على قياساته للوصول إلى نتائج كمية لتحقيق أهداف التجارب التى بينت من قبل فى هذا التقرير .

على أن أغلب القياسات بينت اتجاهاً لم يكن منتظراً وهو أن الزيادة فى مساحة فتحة التهوية لا تستتبع دائماً زيادة فى تصرف الهواء الخارج من الغرفة بل إن أكبر تصرف للهواء كان فى أغلب الأحيان عندما كانت الفتحة مفتوحة إلى ثلاثة أرباع مساحتها الكلية فقط . ويمكن تعليل ذلك بأن زيادة مساحة الفتحة بعد حد معين تقلل من متوسط درجة الحرارة فى الجزء الواقع أمامها من الحائط المظل مما يقلل قوة سحب الهواء وبالتالى يقل تصرفه . على أنه لا يمكن التأكد نهائياً من هذه الظاهرة وتعليلها إلا بقياسات أدق من تلك التى أخذت فعلا .

أما من ناحية تأثير عملية التظليل والتهوية على درجة حرارة غرفة التجارب فقد دلت تسجيلات درجة الحرارة بالغرفة وبغرفة المقارنة على أن درجة حرارة غرفة التجارب كانت فى أى وقت من أوقات التجارب أقل من مثيلتها فى غرفة المقارنة بدرجة مئوية واحدة أو أكثر قليلا ، وهذا الفرق ليس كبيراً ولكنه مؤكد لتكرره فى جميع التجارب تقريباً . وهذا الفرق الصغير يمكن معه القول (فى حدود هذه التجارب) بأن فائدة الحائط المظل هى ، فى المقام الأول ، فى تهوية الغرفة وليست فى الإقلال من درجة الحرارة بها . على أن استكمال التجارب لواجهات أخرى للغرفة قد يغير هذه النتيجة فى الأوقات الأخرى من النهار .

خاتمة وتوصيات :

يمكن تلخيص ما سبق من أن الغرض الأساسي للتجارب وهو تبين تأثير حائط مظل يقل تأثير أشعة الشمس على جدار خارجي ويستفاد به في تهوية مبنى معين لم يتحقق من حيث القياسات الكمية نظراً لقصور الجهاز المستعمل في قياس تصرف الهواء عن أداء الغرض منه بدقة كافية فضلا عن بعض الصعوبات الأخرى العامة التي قابلت التجارب وأهمها عدم انتظام سرعة الهواء الخارجي على أنه تبين من هذه التجارب نتيجتين عامتين يمكن الوثوق منهما إلى درجة كبيرة وهما :

١ — يقلل وجود الحائط المظل درجة الحرارة في المبنى .

٢ — تصرف الهواء من فتحات التهوية يبلغ أقصاه عند فتحة معينة يبدأ في التناقص بعدها مع زيادة مساحة الفتحة . وهذه النتيجة في حد ذاتها غير متوقعة تستدعي زيادة الاستقصاء .

6. Belotserkovskii, O.M. : "Flow past a circular cylinder with a detached shock", Prikladnaya Matematika i Mekhanika, 22, (1958) pp. 206 — 219.

7. Dorodnytsin, A. A. : "On a method of numerical solution of some nonlinear problems of aero-hydrodynamics", Proc. 9th. Inter. Cong. Appl. Mech., Brussels, vol. I, 485 (1957).

8. Hayes, W. and Probstein, R. : Hypersonic flow theory. Academic pressn New York, (1959).

9. Ferri, A., Zakkay, V. and Ting Lee : "Blunt body heat transfer at hypersonic speed and low Reynolds numbers", J.A.S. vol. 28, No. (Dec. 1961) pp. 962 — 971.

10. Fay, J. A. and Ridell, F. R. : "Theory of stagnation point heat transfer in dissociating air", J.A.S. vol. 25, no. 2 (Feb. 1958) pp. 73 — 85.

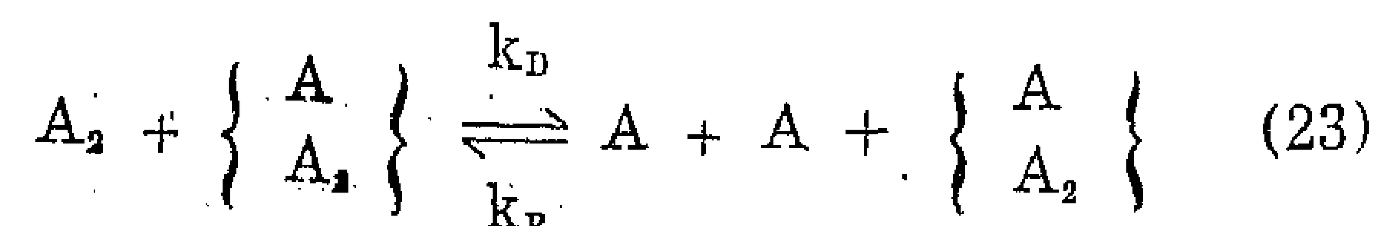
11. Von Karman, T. and Tsien, H.S. : 'Boundary layer in compressible fluids", J. A. S. no. 5 (April, 1938) pp. 227 — 232.

12. Kemp, N.H., Rose, P.H. and Detra, R.W. : Laminar heat transfer around blunt bodies in dissociated air", J.A.S. vol. 26, no, 7 (July, 1959) pp. 421 — 430.

13. Kivel, B. : "Radiation from hot air and its effect on stagnation point heating". J. A. S. vol. 28, no. 2 (Feb. 1961) pp. 96 — 102.

14. Sedney, R. : "Some aspects of non-equilibrium flows", J.A.S. vol. 28, no. 3 (March, 1961) pp. 189 — 196.

I.e. α is the fraction by mass of the original molecules dissociated. Dissociation mainly occures from collisions of high energy particles which can be written in the reaction form ;



$$A_2 + \left\{ \begin{matrix} A \\ A_2 \end{matrix} \right\} \underset{k_R}{\overset{k_D}{\rightleftharpoons}} A + A + \left\{ \begin{matrix} A \\ A_2 \end{matrix} \right\} \qquad (23)$$

where k_D nad k_R are the forward and backward reaction rate constants. These constants can be determined mainly as a function of the reaction equilibrium constant K_P, which in turns is determined by the partition functions of the constituents. The values of the reaction rate constants depend upon the internal energy levels of the collides particles.

We might say here that real gas effects (vibrational excitation, dissociation, ionization ...) should be accounted for if the kinetic energy of the gas far exceeds its internal energy in front of the shock wave. Mathematically this statement can be analyzed as follows ; Equation (7) can be rearranged to give ;

$$f = \frac{2}{\gamma - 1} \qquad (24)$$

Actually the number of degrees of freedom f is a measure of the internal energy level of the particles. On the other hand M^2_∞ (M_∞ is the free stream Mach number) is a measure of the free stream kinetic energy. Accordingly, based on the above statement, we see that real gas effects should be considered when;

$$M^2_\infty >> \frac{2}{\gamma - 1} \qquad (25)$$

The effect of vibrational relaxation on the flow field of a wedge, (ref. 14) is found to increase the stream line curvature behind the shock and decrease the velocity gradient for a given shock curvature. It is to be noted that at high temperatures or at high velocities such as those given by the inequality (25), real gas effects change considerably the flow field parameters.

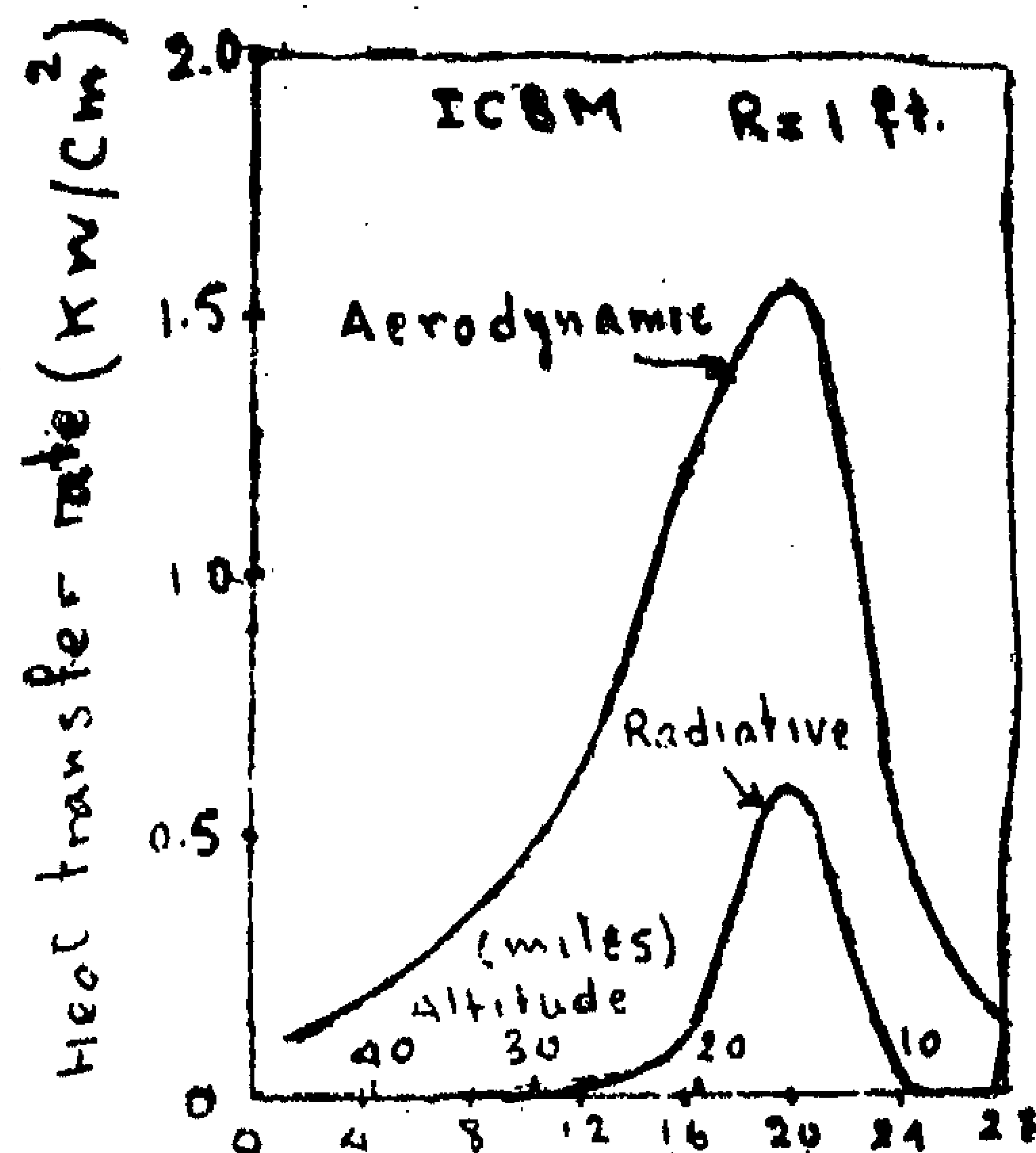
Closure :

In the past decade many investigations have been carried out to explore the vast field of hypersonic gasdynamics, boty theoretically and experimentally. However, still more informations are needed to understand the physics of the problem properly. This leaves the door wide open for engineers and scientists to carry on this task.

REFERENCES

1. Sedov, L.I. : Similarity and dimensional methods in mechanics. Academic press, New York, (1959).
2. Lukasiewicz, J. : "Hypersonic flow — Blast analogy", AEDC-TR-61-4 Arnold Eng. Div center, june, 1961.
3. James, C.S. and Terry, J.E. : "Schock wave profiles over ellipsoidal nosed bodies in hypersonic flow", J.A.S. vol. 29, No. 9 (Sept. 1962) pp. 1128 — 1129.
4. Choudhury, P. R. : "Shock standoff distance for spherical bodies at high Mach numbers". J.A.S. vol. 29, No. 6 (June, 1962) p. 745.
5. Cheng, H.K. Hall, J.G., Golian, T.C. and Hertzerg, A. : "Boundary layer displacement and leading edge bluntness effects in high temperature hypersonic flow". J.A.S. vol. 28, No. 5 (May, 1961) pp. 353-381.

distance. Under those conditions most of the energy is contained in the inviscid portion of the flow field. In this high energy gas whether in the boundary layer or in the inviscid flow region, departure from ideal gas concept must be taken into consideration. In this case the inert (internal) degrees of freedom of the gas starts to play its role in determining the flow field variables. These inert degrees of freedom are the so-called, vibrational, dissociation and ionization degrees of freedom (ionization becomes significant at very high temperatures).



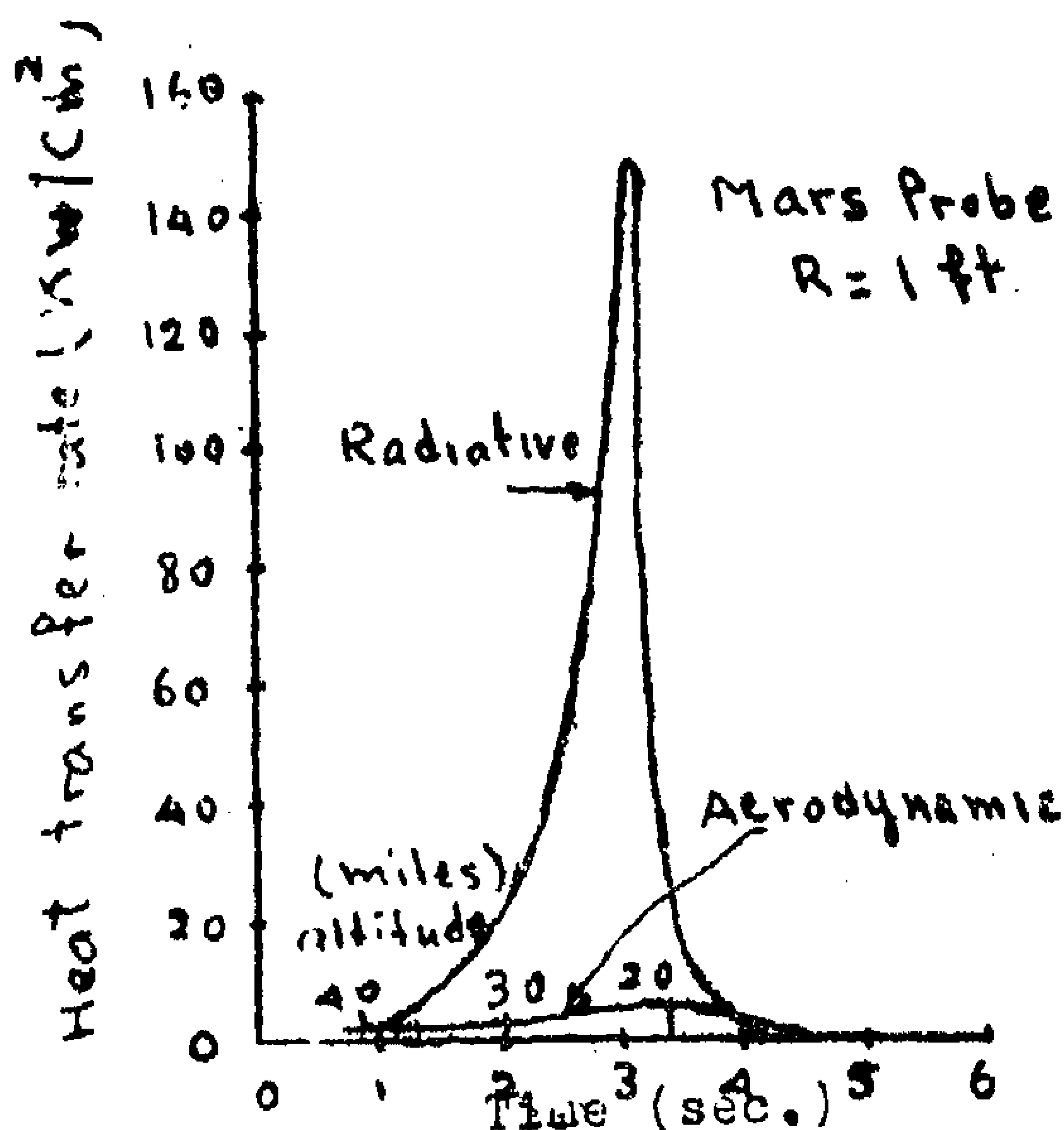


Fig. (11)
Comparison of radiation and aerodynamic heat transfer during re-entry for a Mars probe, $W/C_DA = 50$

The analysis of the flow field considering the departure from thermodynamic equilibrium by the excitation of the active degrees of freedom is too cumbersone. However if the relaxation times of these processes are sufficiently different, they may be treated separately. The magnitudes of the effects on the flow variables due to the three processes are quite different. The effect of the degrees of freedom, whether active (translational and rotational), or inert on the ther-modynamic variables is additivie, i.e. the total entropy change of the medium can be written as ;

$$ds = ds_a + ds_i$$

$$= Cp_a \frac{d\,T_a}{T_a} - R\,\frac{dp}{p} + \frac{d\,E_i}{T_i} \qquad (20)$$

where $C_p = C_{pa} + C_i$, $C_v = C_{va} + C_i$,

$$C_i = \frac{d\,E_i}{d\,T_a}$$

Similarly the specific enthalpy can be written as;

$$h = C_{va}\,T_a + \frac{p}{\rho} + E_i \qquad (21)$$

If the flow is in thermodynamic equilibrium, therefore, $T_a = T_i$. Most of theoretical analysis have been carried out considering either vibrational excitation or dissociation, in some special cases both processes have been considered with severe limitations. When dissoication of diatomic molecule occures, the medium is no more homogeneous, instead, it consists of two different kinds of particles, atoms and molecules. Thus in order to tackle problem analytically a new parameter should be introduced, this parameter is the degree of dissociation

$$\alpha = \frac{n_A}{n_A + 2\,n_{A_2}} \qquad (22)$$

in the stagnation region of a blunt body flying at hypersonic speeds is proportional to the inverse of the square root of the radius of curvature of the nose.

Radiative Heat Transfer :

At very high speeds when a gas passes through a strong shock, of a blunt body at the stagnation region, excitation of the internal degrees of freedom of the gas particles occurs. If the excited particles return to lower energy states, spontaneously, rather than by virtue of collisions with other particles, they emit radiant energy. At very high speeds this radiation becomes an important part of the heat transfered to the body surface. In addition to this radiative transfer, there is the radiation from the hot air within the shock layer. Another source of radiatin is the recombination process between particles. The radiative transfer is a function of the thickness, the density and the temperature of the gas. At high temperatures, say, 8000 K. and a density of order of one atmosphere, radiation comes primarily from diatomic molecules such as N_2 , O_2 , and NO (nitric oxide). Only about 10 % of the radiation comes from the capture of electrons by atomic oxygin to form negative oxygen ions.

The radiative heat transfer from the shock layer at the stagnation region is proportional to the shock detachment distance, thus as a first approximation we can write ;

$$Q_{rad} \simeq I\ (T_{st.}\ ,\ \rho_{st.})\ \triangle \qquad (18)$$

But from equation (5) it is seen that the shock detachment distance is equal to the density ratio across the shock multiplied by the nose radius, hence combining equations (5) and (18) yields ;

$$Q_{rad.} \simeq I\ (T_{st.}\ ,\ \rho_{st.})\ \frac{\varepsilon R}{2} \qquad (19)$$

where I ($T_{st.}$, $\rho_{st.}$) is the radiation energy per unit volume. The factor 2 has entered in equation (19) since half of the energy leaves each side of the semi-infinite plane (the normal shock part of the stagnation region can be considered as semi-infinite plane, since $\triangle << R$). It is seen from equation (19) that the radiative heat transfer is proportional to the nose radius, while the convective heat transfer is proportional to $(R)^{-1/2}$. Calcula-

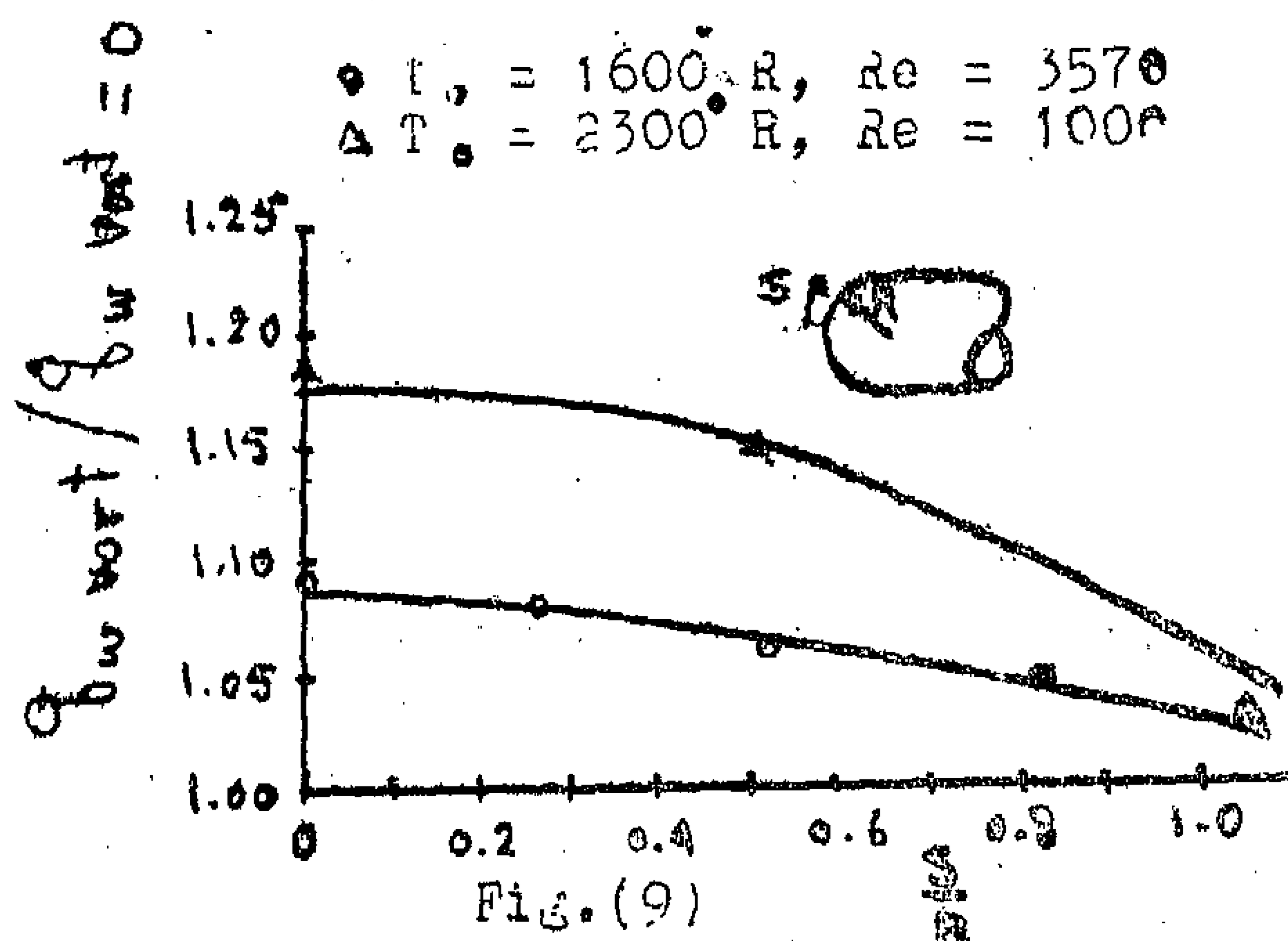


Fig.(9)

Heat transfer distribution on a spherical body at $M_\infty = 8$

tions are performed in order to compare the magnitude of convective and radiative heat transfer to the stagnation region, (ref. 13). These calculation have shown that, radiation is dominent at high flight speeds, $\geqq$ 30,000 f.p.s. and altitudes $\leqslant$ 25 miles, i.e. for ICBM's the radiation heating can be neglected. However for high re-entry speeds, such as might be encountered on a return journey from an elliptic orbit around Mars, for most re-entry trajectory the order of magnitude of radiative heat transfer is much larger than the convective heat transfer, Figs. (10) and (11).

Real Gas Effects :

When the flight regime is such that a shock exists in front of the body, high thermal and kinetic energy is imparted only to the gas that flows through the normal portion of the shock. At high altitudes most of the gas that goes through the normal portion of the shock, regardless of body geometry flows into the boundary layer. Under these conditions a good portion of the energy will be transfered to the body and the rest will have to be dissipated in the wake. At lower altitudes, the boundary layer thickness becomes much smaller than for example, the shock detachment

the velocity u and velocity gradient $\frac{\delta_u}{\delta_y}$ given by the boundary layer profile and by the inviscid flow, must be the same. The same concept must hold also for the thermal parameteres, consequently there must exist another point $\eta = \eta_2$ where maching occures ($\eta_1 \neq \eta_2$). If the boundary conditions for the energy equation are applied at the station $\eta = \eta_1$, a discontinuity is introduced in the value of $\frac{\delta h_s}{\delta_y}$ (h_s is the stagnation enthalpy), which is not physically possible. Thus the difference between the two stations η_1 and η_2 form a layer where conductivity is considerable. The existance of such layer changes the density distribution and hence affects the velocity and pressure distributions. The difference between the rate of heat transfer taking this layer into account and the neglecting the the existance of such layer is given by ; (ref. 10).

$$\frac{Qw\ vort}{Qw\ vort = O} = \left(\frac{u_e}{u_o}\right)^{1/2} \left(\frac{h_{se}}{h_{so}}\right) \qquad (14)$$

Equation (14) shows that if a standard analysis is performed and qw vort = o is obtained, thus qw vort is determined.

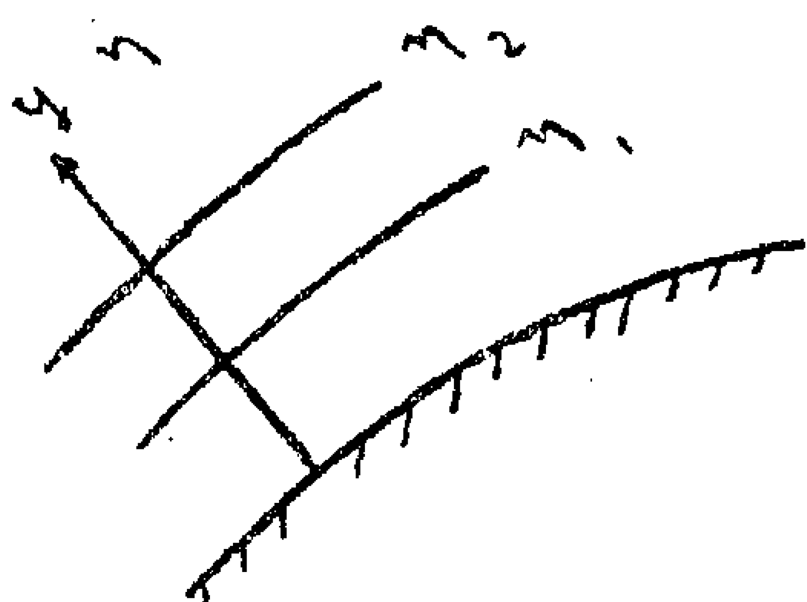


Fig. (8)

A simple analysis due to Von Karman and Tsien, (ref. 11) shows that for unit Prandt 1 number both momentum and energy equations of the boundary layer can be satisfied by equating the temperature T to a parabolic function of the velocity u, such as;

$$T_s = T + \frac{u^2}{2C_P} = Au + B \qquad (15)$$

where A and B are constants to be determined from the boundary conditions. Based on this simple case the rate of heat transfer in the stagnation region was found to be maximum at the stagnation point if the flow is laminar, and if the flow is turbulent, the point of maximum rate of heat transfer is shifted downstream from the stagnation point. These conclusions were based on the general from of the rate of heat transfer expression;

$$Q_w = \frac{f}{\rho_\infty V_\infty x} \rho_\infty V_\infty C_P (T_w - T_{aw}) \left(\frac{\infty \quad \infty}{\mu_\infty}\right)^n \qquad (16)$$

where f is some function of Prandtl number and n is a constant whose value depends upon the nature of the flow. However a more comprehensive analysis (ref. 12) shows that for a constant wall temperature (i.e. below the dissociating temperature), even for laminar flow, the maximum rate of heat transfer could occur at some point downstream of the stagnation point, depending upon the body's curvature at the stagnation point. This conclusion was based on the equation;

$$\frac{Q_w}{Q_s} = r\ p\ u_e \left[\alpha\ p_s \left(\frac{du_e}{dx}\right)_s \right]^{-1/2} (1 + 0.096 \sqrt{\beta}) / 2.136 \qquad (17)$$

where $\alpha (x) = \int_0^x p\ u_e\ r^2\ dx$ and $\beta = 2\ \alpha \left(\frac{du_e}{dx}\right) / \ p\ u_e^2\ r^2$

Here, x is the distance measured along the body from the stagnation point, r, is the radial distance from the axis of symmetry, q, p, and u_e are the rate of heat transfer, pressure and velocity at the edge of the boundary layer, respectively. It is seen from both equations (16) and (17) that the rate of heat transfer at the stagnation region is a function of the velocity gradient in the streamwise direction in the staognation region, i.e. depends on the radius of curvature of the nose section. Generally according to equations (16) and (17), it can be said that the rate of heat transfer

sonic March numbers. We have talked briefly above about Belotserkovskii method which is a direct method. The inverse method, on the other hand consists in a straight forward numerical integration of the equations of motion, proceeding downstream from an assumed shock wave. In the majority of cases calculations are carried out in the physical plane using an orthogonal curvilinear coordinat system fixed on the shock. The inverse method is plagued by the basic weaknoss that indistinguishably different body noses may correspond to the same shock wave, Fig. (7).

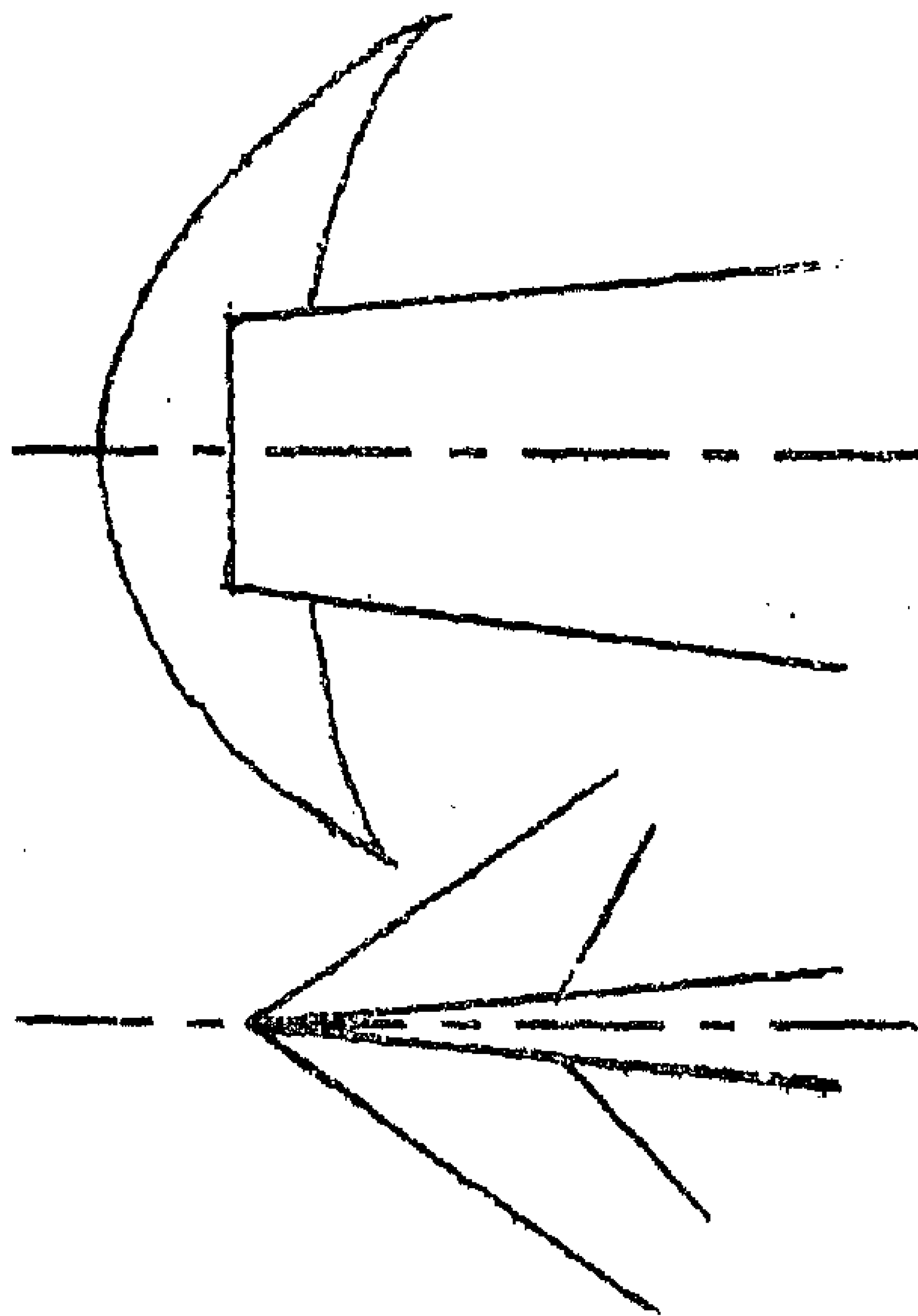
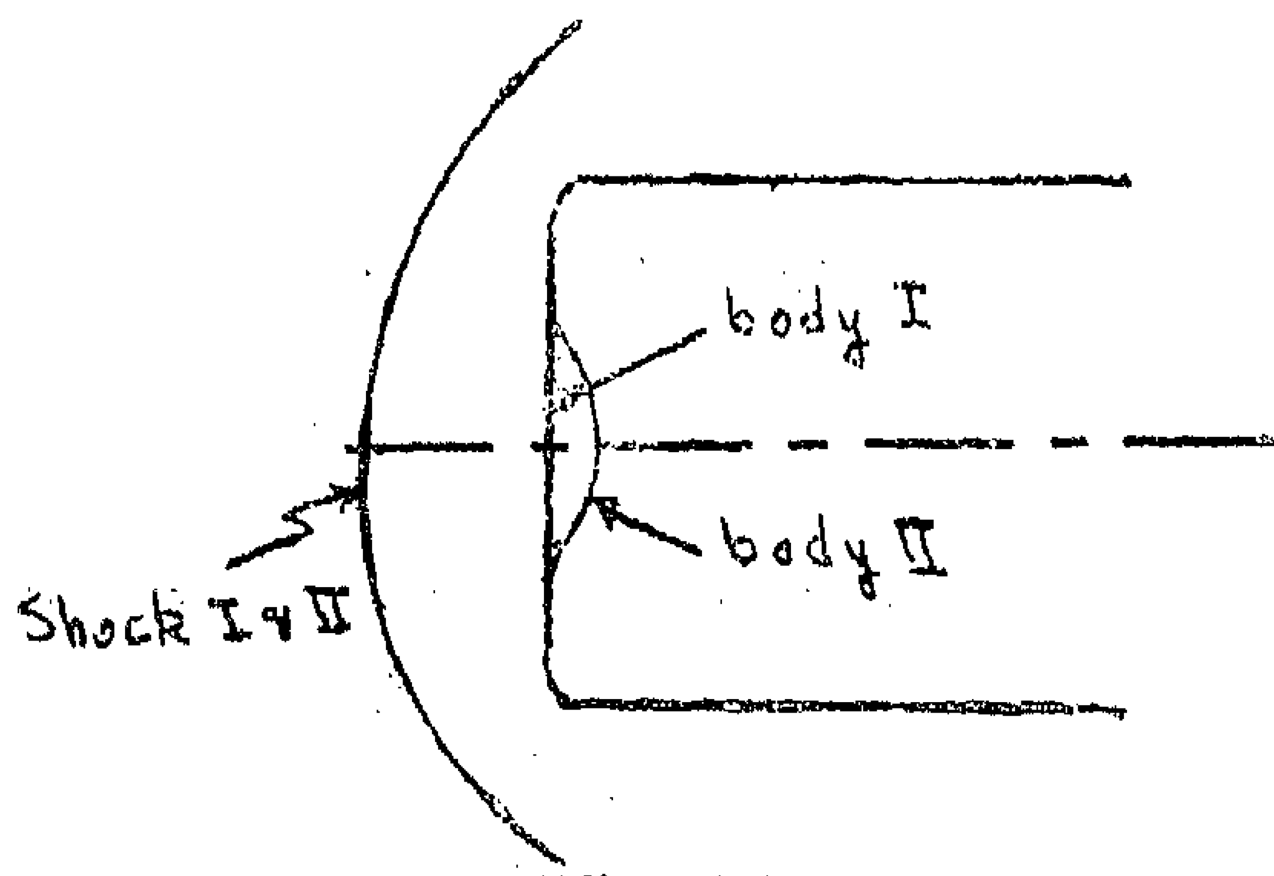


Fig. (6)

Convective Heat Transfer :

In order to determine the heat transfer on any portion of a flying object, the general boundary layer equations should be solved. A lot of methods have been developed in the last decade which tackled this problem properly. Most of these methods use a transformation of the Howarth-Dorodnytsin type, i.e. transforming the physical coordinate system (x,y) to another distorted coordinate system (s, η) where;



(Fig. (7)

$$S = \int_0^x \rho_e \mu_e u_e r_o^{2m} dx$$

$$\eta = \frac{u_e \rho_e}{(2s)^{1/2}} \int_0^y r_o^m \frac{\rho}{\rho_e} dy \qquad (12)$$

where subscript 'e' denotes quantities in the inviscid flow region, n = O for two dimensional case and n = 1 for the axially symmetric case, r_o is the radial distance from the axis of symmetry.

Actually the basic idea in using this type of transformation is to reduce the compressible form of the boundary layer equations to the simpler and easier to tackle incompressible form. For ordinary boundary layer or heat transfer problems, the potential flow parameters are assumed to be functions of the streamwise direction only. This assumption is justified generally for most practical cases, however such assumption is not accurate enough when it is required to determine the flow field parameteres in the stagnation region of a blunt body in hypersonic flow. The variation of the flow parameteres in the normal direction gives the term "shear flow" to the inviscid region. Ferri, A. et al. (ref. 9) assumed the velocity distribution in the inviscid flow region to be given by ;

$$u_1 (x, y) = u_o (x) [1 + w \frac{y}{R}] \qquad (13)$$

where u_o (x) is the velocity at the wall, ω is a vorticity coefficient, R is the radius of the body at the region of interest, and y is the coordinate normal to the body surface.

Since both viscous region (boundary layer) and inviscid flow region simultaneously exist, thus the boundary layer profile should be matched with the inviscid flow at some distance $\eta = \eta_1$, where $u = u_1$. At this station

If there is a system of partial differential equations having the form ;

$$\frac{\delta P_i (x, y, u_1, \ldots, u_n)}{\delta x} + \frac{\delta Q_i (x, y, u_1, \ldots, u_n)}{\delta y} = L_i (x, y, u_1, \ldots, u_n) \quad (9)$$

where i = 1,2, ..., n, the u_i's are unknown functions of x and y, and P_i, Q_i and Li are known functions of their arguments.

Suppose we want to solve our system of equations in the region shown in Fig. (4). First this region is divided into N strips formed by constant lines of y, and then integ-

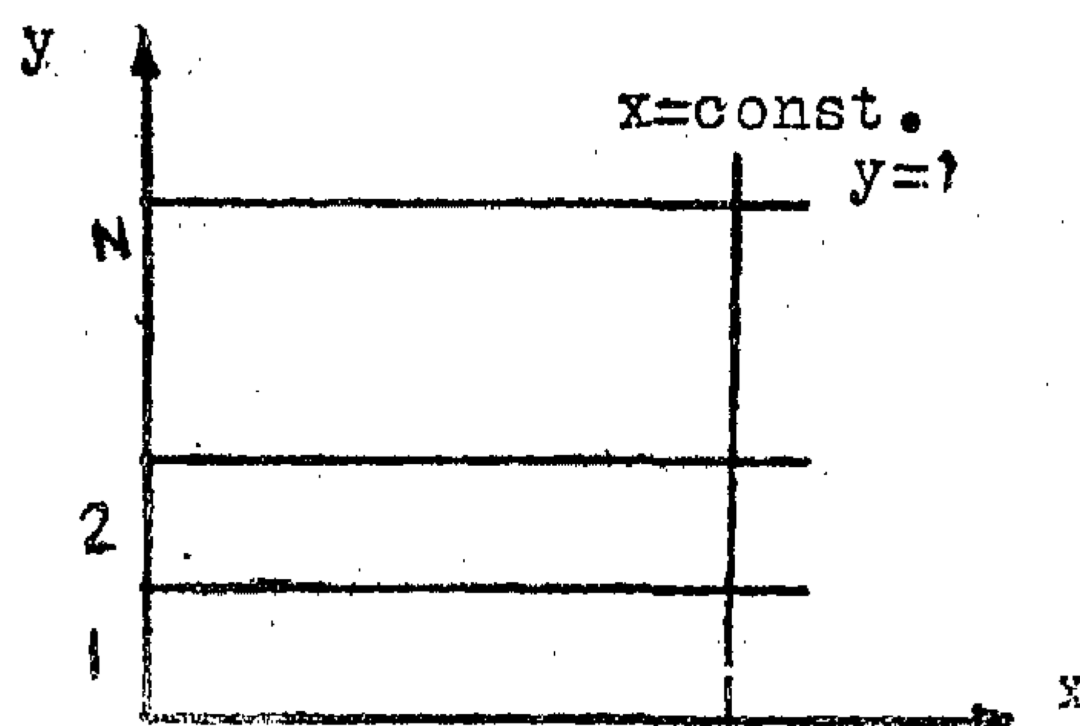


Fig. (4)

rate the system of equations along an arbitrary line x = const. from y = 0 to the boundary of each strip. If we have n equations N strips, we thus obtain n N integral relations of the form ; (since we are integrating with respect to y),

$$(Q_i)_{y=k} - (Q_i)_{y=o} + \frac{d}{dx} \int_o^{yk} P_i \, dy = \int_o^{yk} L_i \, dy \quad (10)$$

where K = 1, 2, ..., N

The integrands then are approximated by an N order polynomials such as;

$$P_1 = \sum_{m=o}^{N} a_m (x) \, y^m \quad (11)$$

By using the ploynomial approximation, equation (11) into equation (10) a system of nN simultanious ordinary differential equations is obtained. This system can be numerically integrated to get the desired solution. Belotserkovskii's solution is obtained for circular cylinders. The same method was extended by Hayes and Probstein (ref. 8) to get solution about spheres.

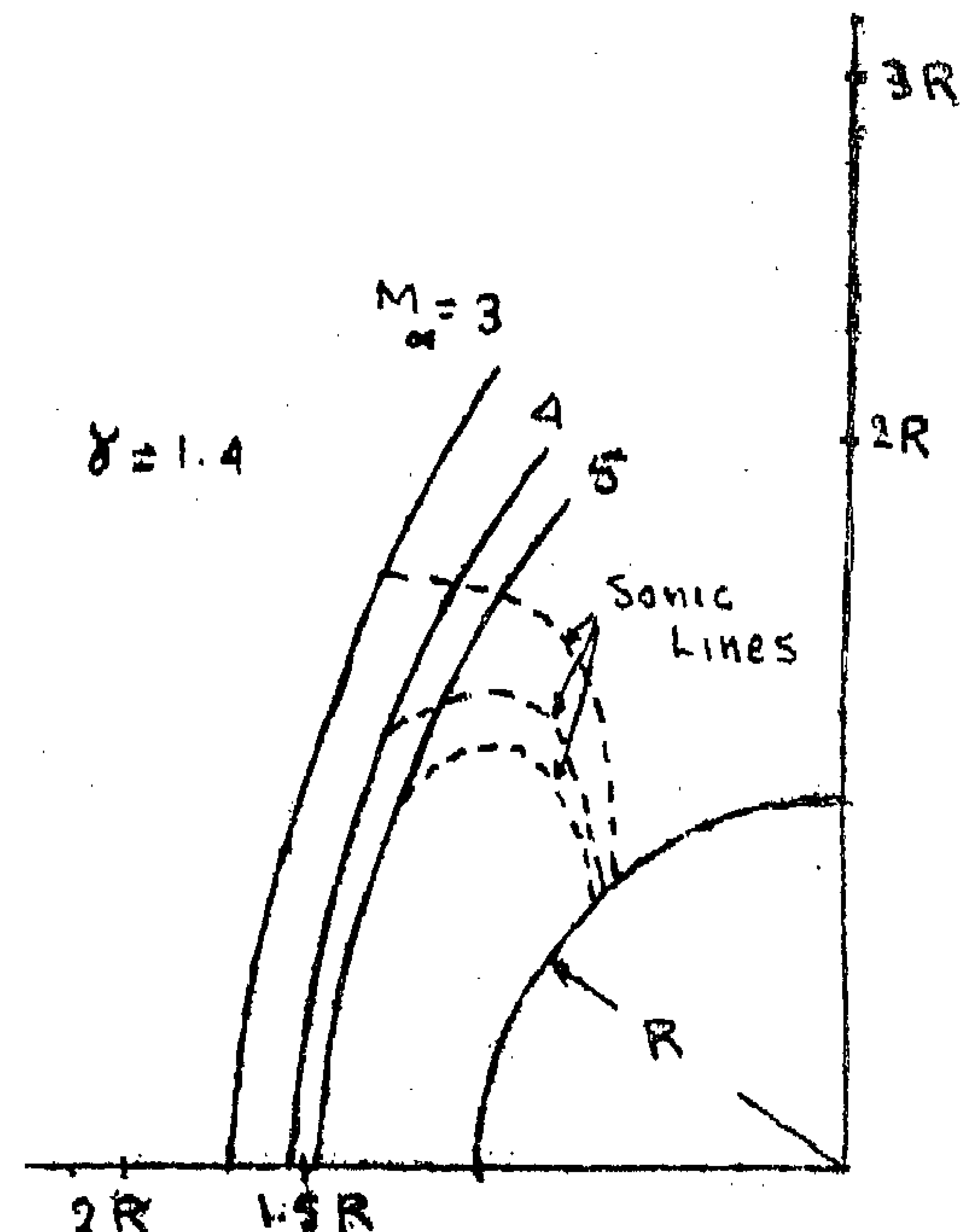


Fig. (5)
Shock shapes for circular cylinder - Beletserkovskii

It must be noted that Belotserkovskii' method is valid in both the subsenic ans supersonic portions of the flow field and includes rotationality. In the cases where a second shock occures, it is not possible to use the integral method as formulated by Belotserkovskii since certain assumptions are then violated.

The occurance of second shock depends upon the free stream Mach number and nose configuration. For all Mach numbers from low supersonic to hypersonic speeds, over expansion of the flow field will be found for all nonslenler after bodies, and thus in order for the flow field to relax back to the free stream conditions, it must go through a compression shock (second shock) as shown in Fig. (6). However under expansion would be expected for slender afetr bodies at hyper-

Since for a monatomic gas, there is only three translational degrees of freedom, thus it is seen from equation (7) that,

$\gamma = 5/3$, consequently $(\gamma - 1)\ (\gamma + 1) = 0.25$

This means that ε is always larger than 0.25. This value of density ratio correspons to that of air across a normal shock at Mach number equals to 3.16. Thus the bow shock wave in helium will never approach closer to the body than it does in air at a Mach number of 3.16.

The Entropy Layer :

Within the inviscid hypersonic flow region bounded by the shock wave and the body surface, or the outer edge of the boundary layer dwnstream of a small blunt noses, there is an inner core of considerable extent containing gas particles which have come through the comparatively forward and hence stronger portion of the shock. This region is termed appropriately "the entropy layer", since its specific entropy is much higher than that near the shock above. The temperature within this layer is accordingly much higher and the density much lower than the corresponding

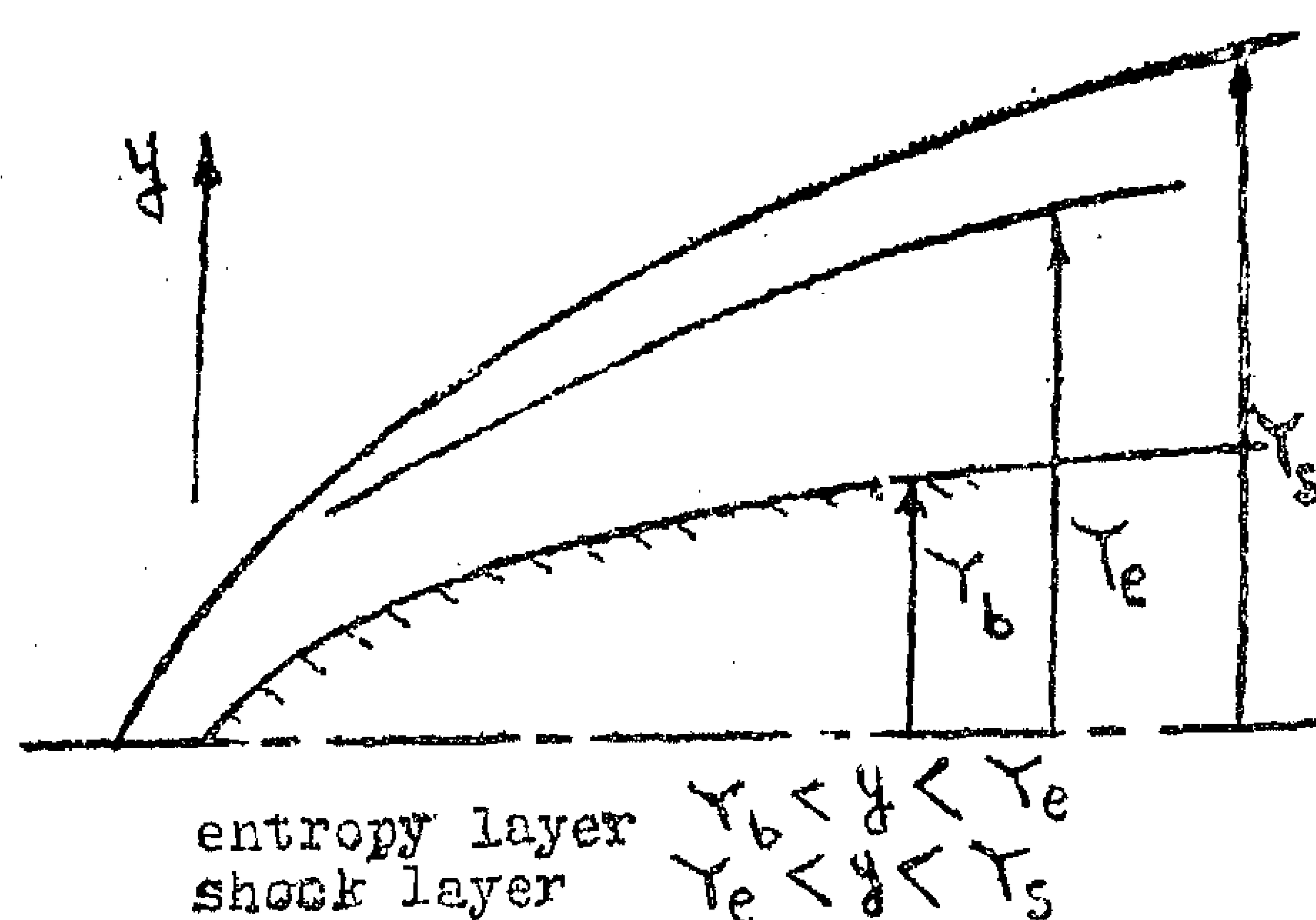


Fig.(3)

values near the shock. Consequently the pressure will remain almost the same across the entropy layer. The analysis of (ref. 5) has shown that Y_e varies as $x^{2/3}$ for $x \rightarrow 0$ and as $x^{3/4}$ for $x \rightarrow \infty$. It is known that for strong shock waves, the increase in specific entropy is given by ;

$$\frac{S_1 - S_\infty}{R} = \frac{1}{\gamma - 1} \ln \left[1 + \frac{2\gamma}{\gamma + 1}(M_\infty^2 - 1)\right] + \frac{\gamma}{\gamma - 1} \ln \left[1 - \frac{2}{\gamma + 1}\left(1 - \frac{1}{M_\infty^2}\right)\right] \qquad (8)$$

Where in the above equation R is the specific gas constant.

Since the shock in the stagnation region of a blunt body is a strong shock (for high Mach numbers), therefore the specific entropy within the entropy layer can be assumed to be of the order of magnitude of S, for not too curved bodies.

For large blunt noses the accelerative effect on the gas reduces its temperature, and consequently reduces the effect of the entropy layer.

Thus when it is required to calculate the aerodynamic heating on the surface of a small blunt nosed body, it must be tacken into consideration the effect of the entropy layer, i.e. tacking the physical parameters reffered to conditions in the entropy layer. It must be noted that the entropy layer is absent on the surface of conically pointed bodies, although of course, the flow for body such as cone-cylinder becomes non-isentropic at some distance from the surface.

Methods of Solution for The Blunt Body Problem

Many methods of solution have been introduced for this problem, part of them are approximate analytical approach and others are numerical. All of these methods can be divided into two distinct groups, the so-called direct method and the inverse method. From the direct method solutions we mention here the Belotsekovskii method, (ref. 6), which is a numerical solution based on transforming the governing equations of motion to a certain scheme of partial differential equations proposed by Dorodnytsin, (ref. 7). Once this scheme is obtained an integral relation thus becomes at hand from which the numerical analysis can be performed. The basic idea of Dorodnytsin scheme is as follows ;

consideration these interaction effects. Fig. (2) shows the deviation of equation (1) from actual results.

James, C.S. and Terry, J.E., (ref. 3) obtained a correlated equation from experimental data of a family of ellipsicdal noses. Their equation has the hyperbolic form;

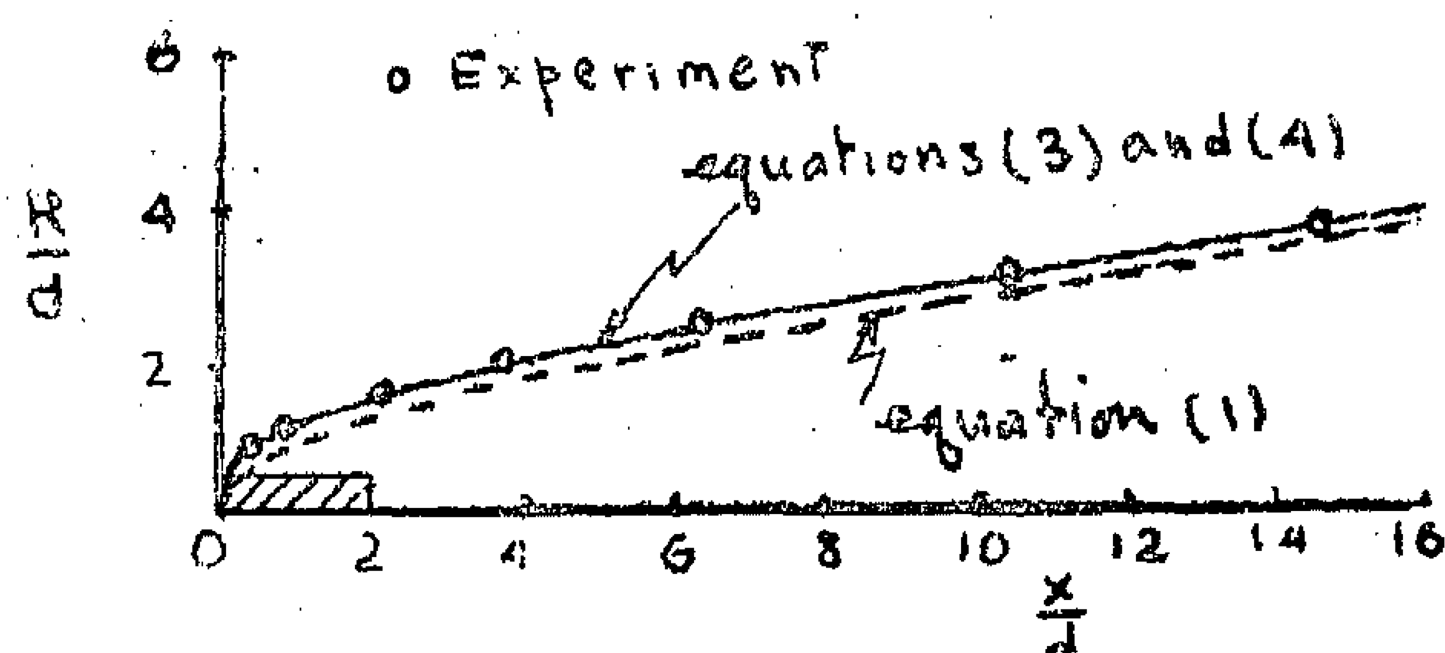


Fig. (2)

$$\frac{R}{d} = k \left[\left(\frac{x}{d}\right)^{1/n} + a \left(\frac{x}{d}\right) \right]^n \qquad (3)$$

where the values of k, a, and n are given by ;

$$k = \frac{1}{\sqrt{M_\infty^2 - 1}} + 0.057\ C_D^{1.35}\ M_\infty^{-0.0387}$$

$$a = 0.56\ [\ C_D^{0.75}\ (M_\infty^2 - 1)\ ]^{0.2741\ +\ 1.15}$$

$$[\ C_D^{5.75}\ (M_\infty^2 - 1)\ ]^{-0.07}$$

$$n = 0.646\ e^{-0.237}\ C_D^{0.75}\ /\ (C_D^{0.5}\ M_\infty^2)^{0.034} \qquad (4)$$

Equations (3) and (4) are shown plotted in Fig. (2).

The current picture of comparisons of blast wave results with experiment is qualitatively correct, but quantitatively frequently in appreciable error. However the basic description of the flow field provided by Blast wave theory is correct to a first order of approximation and the validity of the view that the blunt nosed budy at hypersonic speed may be considered as a cylindrical explosion phenomenon is confirmed.

Shock Wave Detachment Distance :

In order to calculate the flow variables in the stagnation region behind a detached shock wave, knowledge of the detachment distance is essential. The detachment distance is also an important parameter when it is required to take into consideration the effect of radiative heat transfer at the stagnation region of a blunt body, since it determines the volume of the gas available to radiate. Due to impact of flow on the forward part of a blunt body the stagnation region is formed with dense gas. The ratio of the density after the shock and that before the shock determines the detachment distance. Several methods are available for computing this distance.

The detachment distance is found to be proportional (approximately) to the density ratio across the shock, ε, where $\varepsilon = \rho_\infty / \rho_1$. The shock constant of proportionality is the nose radius of curvature R, i.e.

$$\Delta \simeq \varepsilon R \qquad (5)$$

For hypersonic speeds, ε is of the order of magnitude of (1/10), so for fast estimates of the shock detachment distance, we can consider it roughly as one tenth of the nose ralius of curvature. A more accurate analysis is performed in (ref, 4) which gives ;

$$\frac{\Delta}{R} = \frac{0.641}{M_\infty^2} + 0.129 \qquad (6)$$

This equation agrees quite well with experimental data for high free stream Mach numbers, i.e. M > 5. At lower Mach numbers there is a slight deviation from exact values. Equation (6) is applicable for hemispherical noses.

It is important to note that shock waves in monatomic gases, such as, helium are limited to density ratios greater than 0.25. This can be seen from the fact that across a normal shock, the density ratio ε, never becomes less than ;

$$\gamma - 1 / \gamma + 1$$

But from the kinetic theory of gases, we have the Eucken equation which relates the value of the ratio of specific heats γ of the gas to the number of molecular degrees of freedom, f. The Eucken equation is ;

$$\gamma = \frac{f + 2}{f} \qquad (7)$$

The single nondimensional independent variable in this case will be ;

$$\frac{r^m t^n}{b}$$

which can be replaced for $m \neq 0$ by the variable ;

$$\lambda = \frac{r}{b^{1/m} \; t^{\delta}} \qquad \text{where}$$

$$\delta = -\frac{n}{m}$$

Now the governing partial differential equations of motion, (continuity, Euler and energy equations) can be transformed to total differential equations which were solved by Sedov for different cases. The solution of these ordinary differential equations can sometimes be obtained exactly in closed form, and in other cases, approximately by using numerical integration. A number of writers have shown that the Blast wave theory predicts the important features of the hypersonic flow fields over blunt bodies.

Lukasiewicz, (ref. 2) has obtained a second order blast wave analogy equation for shock wave shape as ;

$$\frac{R}{d} = \left(\frac{\gamma_{\infty} C_D}{4 J_o}\right)^{1/4} \sqrt{\left(\frac{x}{d}\right)} \left[1 - \frac{\lambda_1}{M^2_{\infty}} \left(\frac{4 J_o}{\gamma_{\infty} C_D}\right)^{1/2} \frac{x}{d} \right] \qquad (1)$$

where, λ_1 and J_o are constants and function of the free stream specific heat ratio γ_∞. C_D is the nose drag coefficient. It is seen from equation (1) is insensitive to the nose shape, i.e. shock shape is a weak function of C_D. In the limit, i.e. as x/d approaches infinity, the shock wave slope should approach the asmptotic slope value, i.e. the slope of the free stream Mach waves. It is evident from equation (1) does not provide this end condition. Since one of the end conditions is not satisfied, thus, it is expected that equation (1) does not predict accuratly the shock shape. As mentioned above, the drag coeficient, C_D, depends upon the nose shape. This dependency can be shown quite easily by making use of the modified Newtonian relation;

$$\frac{C_P}{C_{P_{stag}}} = \cos^2 \Theta \qquad (2)$$

It must be noted that the modified Newtonian expression, equation (2) loes not provide accurate results for two dimensional bodies, but in the mean time it gives good agreement with experiment for blunt axisymmetric bodies of revolution. For a certain Mach number $C_{p_{stag.}}$ is constant, therefore C_p and consequently C_D is a function of Θ alone, which in turns is a function of the nose radius of curvature. Fig. (1) shows the variation of the angle Θ with the nose radius of curvature. At the shoulder of nose I, $\Theta = \Theta_1$ and for nose II, $\Theta = \Theta_2$ where $\Theta_2 > \Theta_1$. Thus it is seen from equation (2) that ;

$$C_{P_I} > C_{P_{II}}$$

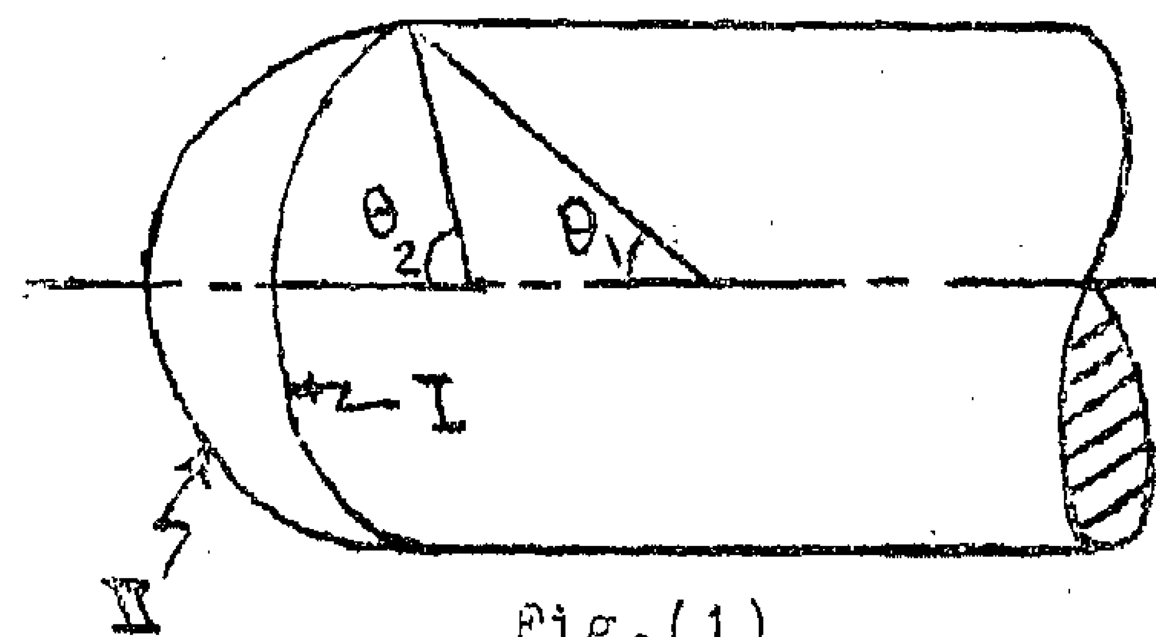


Fig.(1)

where C_{P_I} and $C_{P_{II}}$ are the pressure coefficients at the shoulder of nose I and nose II, respectively.

A direct conclusion can be drawn from the above inequality is that the drag coefficient of nose I is larger than that of nose II, and hence according to equation (1), the shock shapes are different for the two noses. Another conclusion which night be drawn from the above inequality. The subsonic region in the first case (I) is larger than that in the second case (II), hence the interaction effects between the Mach waves and the shock wave (occures in the supersonic region) which result in curving the shock wave is not identical in btoh cases. Thus different shock shapes result. Of course equation (1) does not take into

GENERAL FEATURES OF HYPERSONIC GASDYNAMICS

By

Dr. MOHAMED NABIH WAGDI

Introduction .

The present lecture attempts to summarize some of the fundamental recent developments in the field of hypersonic gasdynamics. In the past decade the field of hypersonic gasdynamics have seen considerable advances by many investigators. The subject has gone from analysis of an ideal fluid, such as potential flow theory to a more realistic treatment of the problem, i.e. taking into account the real gas effects in some cases and in other cases a coupling between the region of viscous and inviscid flows has been performed.

Basic Theories :

The field of hypersonic aerodynamics is indebted to the fundamental theoretical methods such as the well known Newtonian impact theory with its simplifying analysis, the Blast wave theory which gives a fairly good description (not too accurate) of the basic hypersonic flow phenomenon, and the numerical solution of Beletserkovskii of the blunt body problem.

The Newtonian impact theory need not to be examined in detail here since it is a fundamental theory which can be found in most text books. However the Blast wave theory on the other hand deserves special mention. The Blast wave theory developed by L.I. Sedov in the U.S.S.R. and by G.I. Taylor in England was originally developed to examine the problem of strong shock waves (generated for example by a powerfull explosion). The application of Blast wave theory to hypersonic flow problems was suggested by Hayes, who pointed out that the radial growth of a cylindrical blast wave with time could be related to the rate of growth with distance behind the nose of the bow shock wave generated by a blunt nosed body in hypersonic flow.

The blast wave analysis is a treatment of one dimensional unsteady gasdynamic problem. The only possible one dimensional motions are produced by spherical, cylindrical and plne waves. The basic idea of Sedov's blast wave theory is based on realizing that the fundamental physical variables, the velocity, v, the density, ρ, and the pressure, p are related in such a manner that the pressure energy per unit volume is a function of the kinetic energy per unit volume (which in its simplified form gives the Bernoulli concept).

From dimensional analysis it is clear that the pressure has the dimensions (M/LT^2). If the pressure is taken as the fundamental unit, thus both density and pressure could be defined in terms of a more generalized parameter, a, which has the dimensions;

$$[a] = ML^k T^s$$

where, k, and, s, are some arbitrary constants. Nondimensional pressure and density can thus be introduced such as;

$$p = \frac{a}{r^{k+1} t^{s+2}} p \quad \text{and}$$

$$\rho = \frac{a}{r^{k+3} t^s} R$$

and obviously the nondimensional velocity can be introduced in the usual manner such as;

$$v = \frac{r}{t} V$$

where, r, is the length coordinate of the system and, t, is time. The nondimensional variables, P,R, and, V are functions of r and t. The independent variables can be reduced to one indepnedent variable if a proper function is introduced containing both original variables. Thus introducing another basic parameter, b, which has the dimensions ;

$$[b] = L^m T^n$$

Checking the accuracy to the estimated HETP : This was done by re-testing the same packed column using the ideal Benzene-Toluene binary system. The data of this experimental test are given in table 5. The HETP was then calculated to be about 13.9 cms. . This value is in good agreement with that previously estimated taking into consideration the difference in the physical properties of the two systems, and the effect of operating pressure. To be on the safe side, the higher HETP value was utilized in the design calculations.

CONCLUSIONS and RECOMMENDATIONS :

1. Batchwise packed-type fractional distillation is a suitable technique for carrying out the required separation.

2. A pilot-scale unit is recommended for carrying out the required separation at the producing company.

3. Further experimental work on the characteristics of the developed packing is pursued in order to investigate the range of its potential applications (2).

REFERENCES

(1) Chemical Engineering Department, NRC, internal report.

(2) M. Sc. thesis, Cairo University (work in progress).



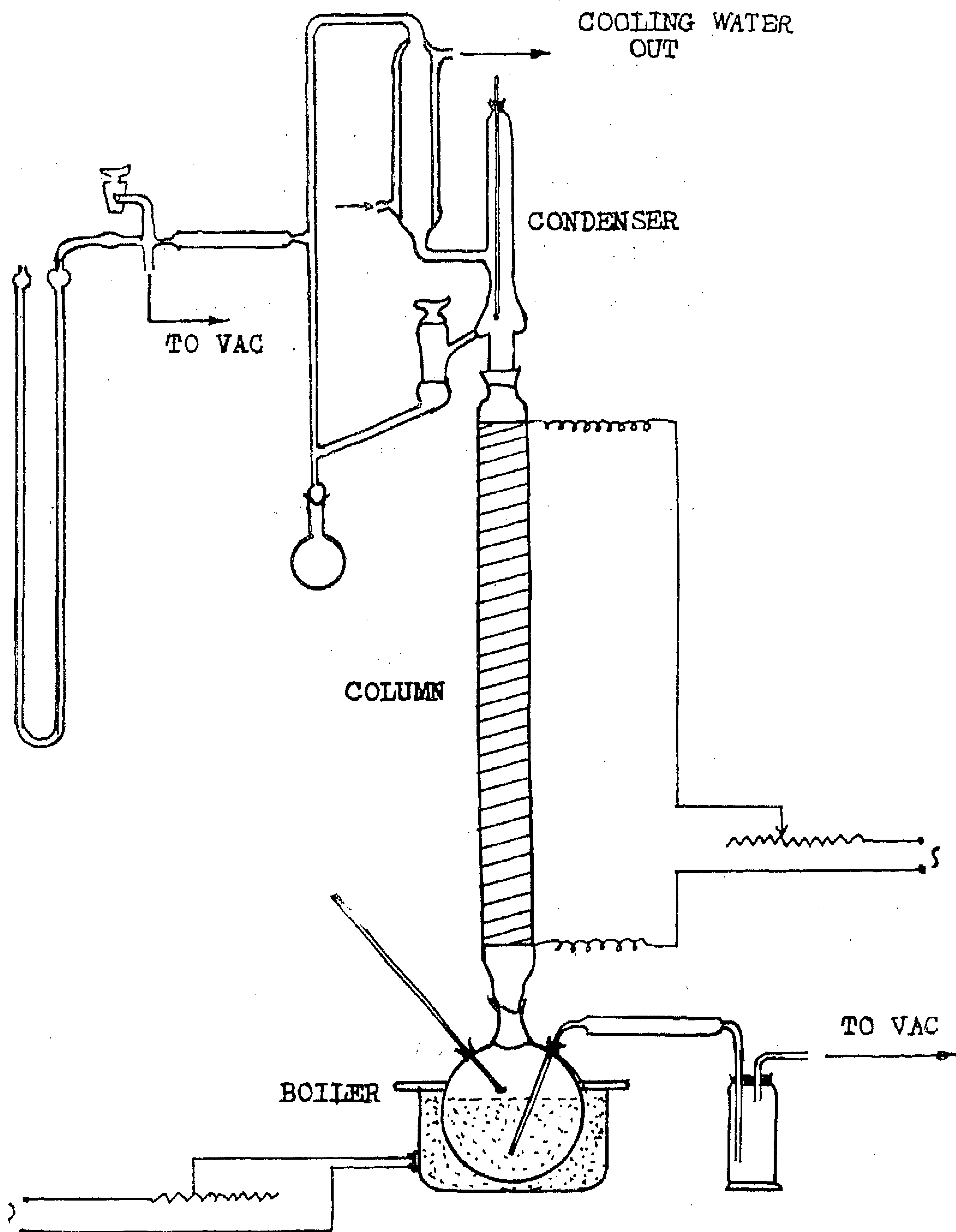


FIG. 2 EXPERIMENTAL SETUP

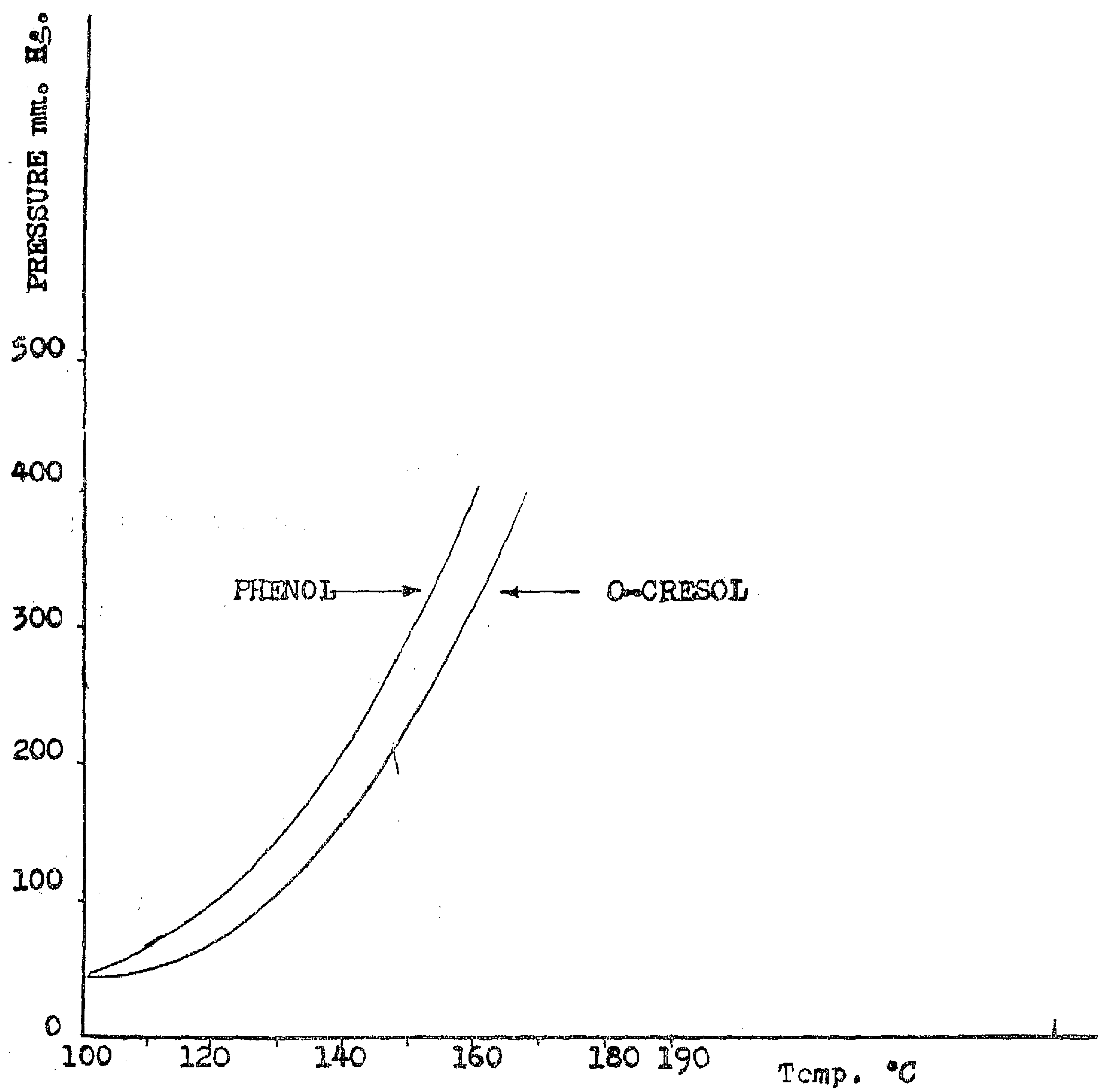


FIG. 1 VAPOUR PRESSURE - TEMPERATURE CURVES FOR PHENOL AND O - CRESOL

2. The water-free remainder was then transferred to the distillation still.

3. The pressure at the top of the column was reduced to 200 mm. Hg using the vacuum pump.

4. Electric current was applied to the heating mantel through the variable transformer to obtain the desired vapour throughput.

5. Electic current was also applied to the heating coil surrounding the column to minimize heat losses from the column walls.

6. Cooling water was passed at a constant flow rate to the still head to ensure complete vapour condensation. All condensed vapours were refluxed to the column; i.e. the column was operated at total reflux.

7. The unit was operated continuously for 3.5 hours to ensure the attainment of steady-state conditions, which could be checked by the constancy of top-column temperature. Samples from the top of the column and from still were then taken.

8. Using a pre-prepared composition vs. Refractive Index calibration shart, the composition of each sample was determined.

TABLE 4

Pertiment Experimental data for Phenol-Cresol distillation at total reflux using the developed packing.

Volume of still charge	800 ml.
Operating pressure at top	200 mm. Hg.
Top temperature	141 °C
Operating time to reach steady-state	3.5 hrs.
Mole fraction of phenol in the top sample	0.91
Mole fraction of phenol in the still sample	0.54

TABLE 5

Experimental data obtained for benzene-toluene distillation at total reflux using the same packing :

Volume of still charge	375 ml.
Operating pressure	atmospheric
Top temperature	81 °C
Operating time	3.5 hrs.
Mole fraction of benzene in top sample	0.997
Mole fraction of benzene in the still sample	0.525

RESULTS :

Pertinent experimental data are given in table 4.

The number of theoretical plates in the column were calculated by means of Fenske equation. Thus, at total reflux.

$$n = \frac{\log \left\{ \frac{x_d}{1 - x_d} \right\} \cdot \frac{1 - x_w}{x_w}}{\text{long } \alpha} = 8.3$$

where : n = number of theoretical plates in the column.

α = average relative volatility.

x_d and x_w = mole fraction of penol in the top and still samples.

The HETP could then be calculated from the known packed-height H and the estimated number of theoretical plates.

Thus,

$$\text{HETP} = H/n = 85/8.3 = 10.3 \text{ cms.}$$

On the basis of three batches per day and a single column, the diameter of the column was estimated to be about 41 cms. and its height 10.5 meters. Apparently the height of the column is still too large compared to its diameter, and therefore it was decided to reduce such a height by conducting the required separation in a suitable batch packed-distillation column as will be described in the following sections.

TABLE 3

Summary of calculated results for Batchwise Bubble-cap Column

	Constant Reflux Ratio	Constant Top-Product Composition
Column Diameter (cm.)	41	26
Number of Plates	55	55
Tray Spacing (inches)	6	6
Total Height (meters)	10.5	10.5
Feed Charge (kg.)	56.5	56.5

6. DESIGN OF A BATCHWISE PACKED-DISTILLATION UNIT :

As was concluded in the previous sections, a batchwise packed-type distillation unit seemed to present the most suitable system for the required separation. The most important problem in the development of this system was the proper choice of the packing material and shape to satisfy the operation requirements. In this particular case, the packing should withstand the corrosive effect of phenolic compounds, and at the same time should have a relatively small H. E. T. P. in order to reduce the column height. A new type of packing was developed locally from stainless-steel lathe-turnery wastes; and was experimentally found to satisfy the operation requirements as will be described in the next section.

Except for the column height, the calculations in this case were not different from these of the previous design (batch bubble-cap distillation unit). Based upon the experimental data obtained for the developed packing, the height of the column was calculated to be about 4 meters. Details of these calculations are also given in reference (1).

7. EXPERIMENTAL :

This part was undertaken to obtain some performance characteristics of the packing developed. These are required for making the design calculations, and to examine the applicability of this packing to the desired separation. The packing was prepared of a more or less uniform size. The length of each piece of packing was made approximately equal to its diameter having an average value of about 5 mms.

APPARATUS :

The experimental assembly is shown in Figure 2. It consisted of the following :

1. A glass column of 25 mm. inner diameter, packed to a depth of 85 cms. by the dry-packing method. It has a heating wire wound around its whole length to eliminate heat losses, and thus ensure adiabatic operation.

2. A one-liter flask placed in a heating mantel and fitted to the bottom of the column. The heating mantel was connected to the AC main through variable transformer in order to control the vapour throughput.

3. A total condenser with a take-off tap fitted to the top of the column.

4. A vacuum part with a receiver connected to the still head.

5. A vaccuum pump connected through a Y-connection to the vacuum part and a manometer.

6. A short tapered glass tube connected to another vacuum pump and a receiver. This was used for sampling from the still liquid.

PROCEDURE :

1. Water was first removed by simple distillation from a one liter of feed-stock of crude phenol.

2. COMPOSITION OF THE PHENOLIC SOLUTION FEED-STOCK :

The crude phenol sample supplied by the manufacturer has been subjected to a preliminary distillation analysis and was found to contain 15.2% water by weight. The water-free crude was then taken to be 60% phenol, and 40% o-cresol on weight basis. Water was removed from the stock by simple distillation before fractionation was attempted.

3. EQUILIBRIUM DATA :

As has been mentioned in the introduction, it is mandatory to perform the required distillation of crude phenol under reduced pressure in order to avoid thermal decomposition which is know to take place significantly at temperatures higher than 150°C. The change of boiling points of phenol and cresol with pressure is shown in Figure 1, from which it is apparent that this distillation should be preferably carried out at a pressure of 200 mm. Hg for which thermal decomposition can be avoided, and at the same time the difference between the boiling points of phenol and o-cresol is not so small.

Liquid-vapour equilibrium compositions for the phenol-cresol binary mixture at a constant pressure of 200 mm. Hg could then be calculated from the vapour pressure data. The results of these calculations at different temperatures are included in table 1.

TABLE 1.

L-V equilibrium composition for the phenol O-cresol binary mixture at a pressure of 200 mm. Hg

Temperature C	x	y
139	0.800	1.000
140	0.860	0.890
141	0.717	0.771
142	0.570	0.690
143	0.454	0.520
144	0.350	0.415
145	0.217	0.267
146	0.104	0.136
147	0.000	0.000

x is the mole fraction of phenol in the liquid phase.

y is the mole fraction of phenol in the vapour phase.

4. DESIGN OF A CONTINUOUS BUBBLE-CAP DISTILLATION UNIT :

The calculations were made using the standard Mc-Cabe Thiele method, and their details are given elsewhere (1). A summary of the results of these calculations is given in table 2. The following conclusions could be readily withdrawn :

1. The feed rate is rather small to warrant a continuous unit as manifested by the calculated small column diameter.

2. The height of the column is so large compared to its diameter.

Based on these conclusions, the design was discarded in favour of a batchwise operation.

TABLE 2

Summary of the calculated results for the continuous bubble-cap distillation column

Column diameter	9 inches
Number of plates	
rectifying section	24
stripping section	20
Total	44
Tray spacing	6 inches
Total height	24 fest
Reflux ratio	15 : 1
Feed rate	14.2 Ib/hr
Feed condition	saturated liquid (142 C)
Top-tower temperature	140 C
Bottoms temperature	146 C
Operating Pressure	200 mm. Hg.

5. DESIGN OF A BATCHWISE BUBBLE-CAP DISTILLATION UNIT :

The previous design indicated clearly that it may be more fruitful from both operating and economic points of view to carry out the required operation in a batchwise manner.

The calculations were made for the two different cases of :

(a) Operating at a varying reflux ratio and constant topproduct composition, and

(b) Operating at a constant reflux ratio and varying top-product composition. A summary of the results is given in table 3.

A FEASIBILITY STUDY FOR THE PURIFICATION OF CRUDE PHENOL BY FRACTIONAL DISTILLATION

By

Dr. M. M. EL HALWAGI,

Dr. H. K. ABDEL-AAL,

and Eng. A. BADR EL-DIN

Chemical Engineering Department,

National Research Center.

ABSTRACT :

This paper presents the results of a feasibility study aimed at solving the industrial problem concerned with the purification of the crude phenol cut produced by El-Nasr Coke and Chemicals manufacturing company. This crude cut consists essentially of phenol and o-cresol, and it is required to separate from it a high purity phenol (more than 98% by weight).

Preliminary evaluation of the problem indicated that fractional distillation seems to be the most appropriate technique for accomplishing the required separation. Three alternative calculational schemes for the design of a pilot-size distillation unit have been made. Results showed that a batch unit of the packed-column type would provide the most satisfactory solution. A new type of packing was developed and locally prepared from waste stainless-steel lathe turnery. Laboratory tests indicated that this type of packing satisfies both the physical separation and corrosion-resistance requirements. Furthermore, pilot-scale studioes performed at El-Nasr Coke Company proved the success of the proposed operational scheme using this new type of packing material.

1. INTRODUCTION :

A crude phenol cut comes out as a by-product at one of the processing steps in the manufacture of coke by destructive distillation of coal. This cut contains mainly phenol and o-cresol, the phenol being about 60% by weight on a dry basis.

It was required to separate about 60 t / year of this cut into a pure phenol product (98% at least by weight), and a cresol residue. The purpose of this separation is to upgrade the product into marketable form, and thus improve the process economics.

Alternative solutions to the problem have been considered, and it was concluded that fractional distillation would be the adequate technique for carrying out the required separation. In order to achieve the separation by this method, two specific difficulties have had to be overcome: (1) the phenol sensitivity to decomposition at high temperatures and atmospheric pressure, and (2) the corrosive nature of phenolic solutions. The first problem could be solved by conducting the distillation under vacuum at which thermal decomposition can be largely avoided. Regarding the second problem, literature search of the properties of phenolic solutions and the corrosion resistance of different materials of construction to these solutions, indicated that glass or stainless steel can be used.

The next step was to design a suitable distillation unit to carry out the required separation. Based upon the operational scheme (whether batch or continuous), and the type of distillation column; alternative designs have been tried, and experimental tests were conducted to evaluate certain performance characteristics required in the design calculations as will be described in the following sections.

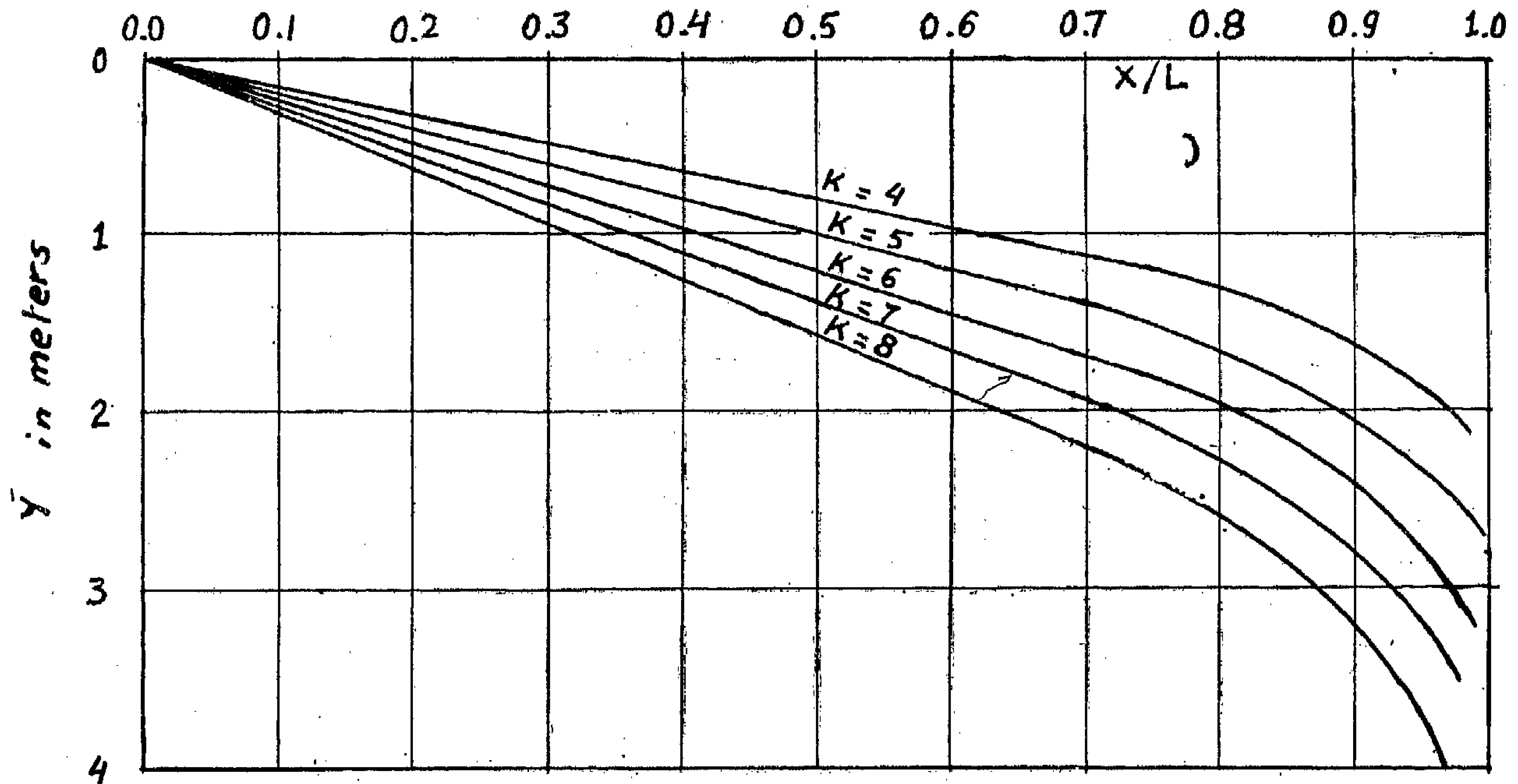


FIG. 14

REFERENCES

1. Bakhmeteff, B.A. : Hydraulics of open channels, McGraw Hill Book Co, New-York, 1932.

2. Chow, V.T. : Open Channels Hydraulics. McGraw Hill Book Co. New York 1959.

3. Lindquist, E : On velocity formulas for open channels and pipes. Transactions of the World Power Conference Sectional Meeting, Stockholm, Vol. 1, 1933.

4. Manning, R. : On the flow of water in open channels and pipes. Transactions, Institute of Civil Engineers of Irelard, Vol. 20, Dublin, 1891.

5. Scobey, F.C. : Flow of water in Irrigation and similar canals. U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin No. 129, Nov. 1929.

It is clear from Figures (13, 14) that the water surface curve is almost straight for most of the canal length (for values of $\frac{x}{L}$ up to 0.80 — 0.90) and the curvature becomes steep after that length.

Therefore it might be convenient to extend the water surface and bed surface in that last reach of the canal as shown by the dotted lines in Figures (13, 14).

Conclusions :

The design of distribution canals on the assumption of uniform flow is not correct since the actual water surface elevations will be considerably lower than those obtained from uniform flow calculations specially in the D.S. reaches. This will result in depriving downstream land areas from a great part of their share, and propably all their share of irrigation water. Any other device for distributing irrigation water to land will still be ineffective since the basic error lies in the assumption of uniform flow conditions whereas the actual flow is nonuniform.

The present work offers a new theory, based on nonuniform flow assumption, for evaluating the correct water surface and bed elevations. This theory in the same tiime has the advantage of giving economical cross sections for the distribution canal and in the same time enables the designer to choose a suitable flow velocity to insure nonscouring nonsilting conditions.

The theory has been translated into convenient charts for design purposes.

However, This work opens a way for a more through experimental study for the flow in distribttions canals as regards their design and economy.

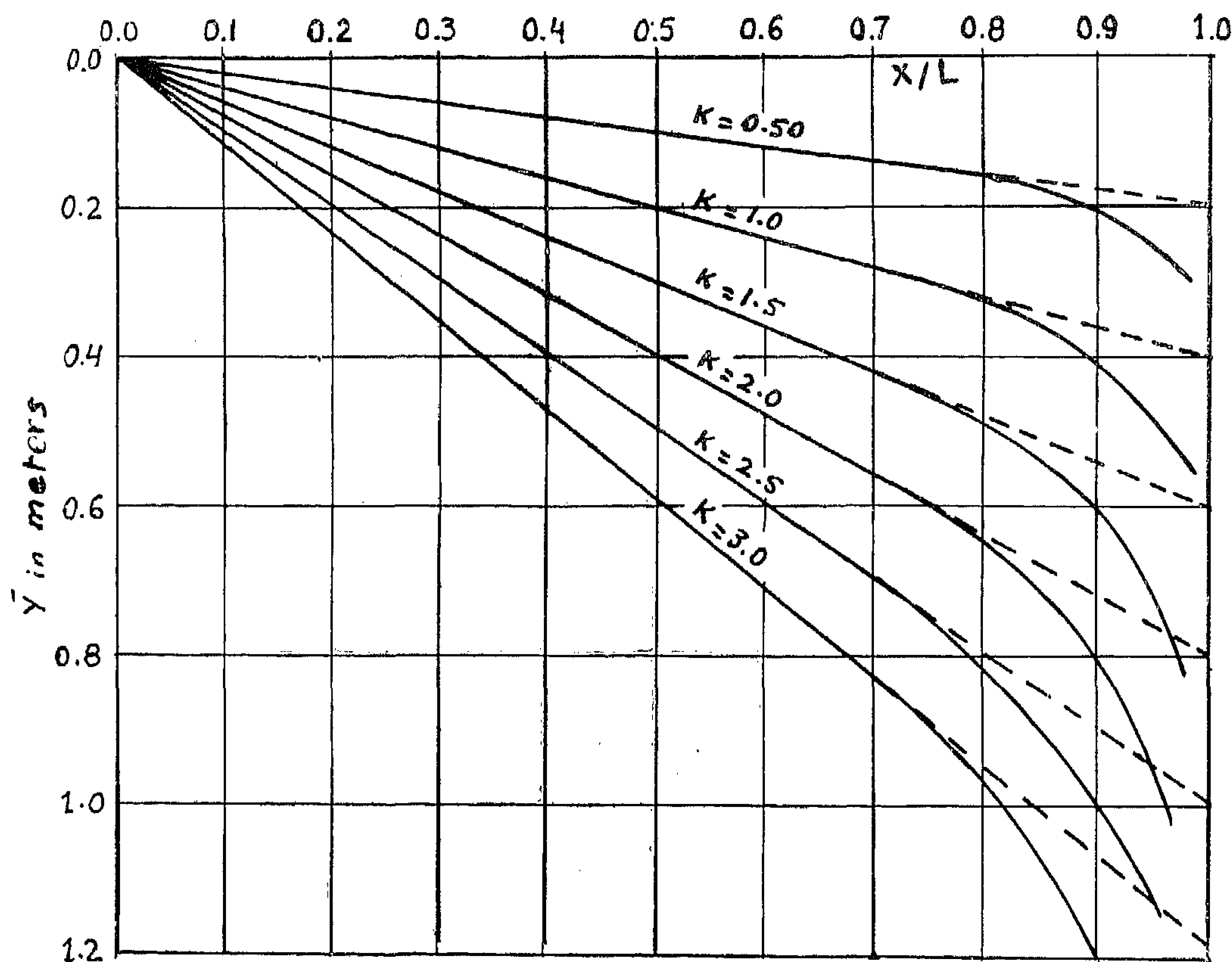


FIG.13

Design charts :

To make it convenient for design purposes, equations (11) and (12) are trans formed into convenient charts for the most common conditions in egyptian practice where $\frac{1}{n} = 40$ and the side slopes are 1 : 1. However similar charts can be prepared for other values of $\frac{1}{n}$ and side slopes.

From figures (9, 10, 11, 12), the factor K is determined for the given value of $\frac{Q_o}{L}$ and the adopted values of b and V. Once K is determined, the water surface elevations are determined from Fig. (13, 14) along the whole length of the canal. Equation (9) is then used to determine the corresponding water depths which when substracted from the water surface elevations will give the bed elevations. Figures (13, 14). will fix the right elevations at which pipe inlets, for conveyance of irrigation water to the land, should be placed.

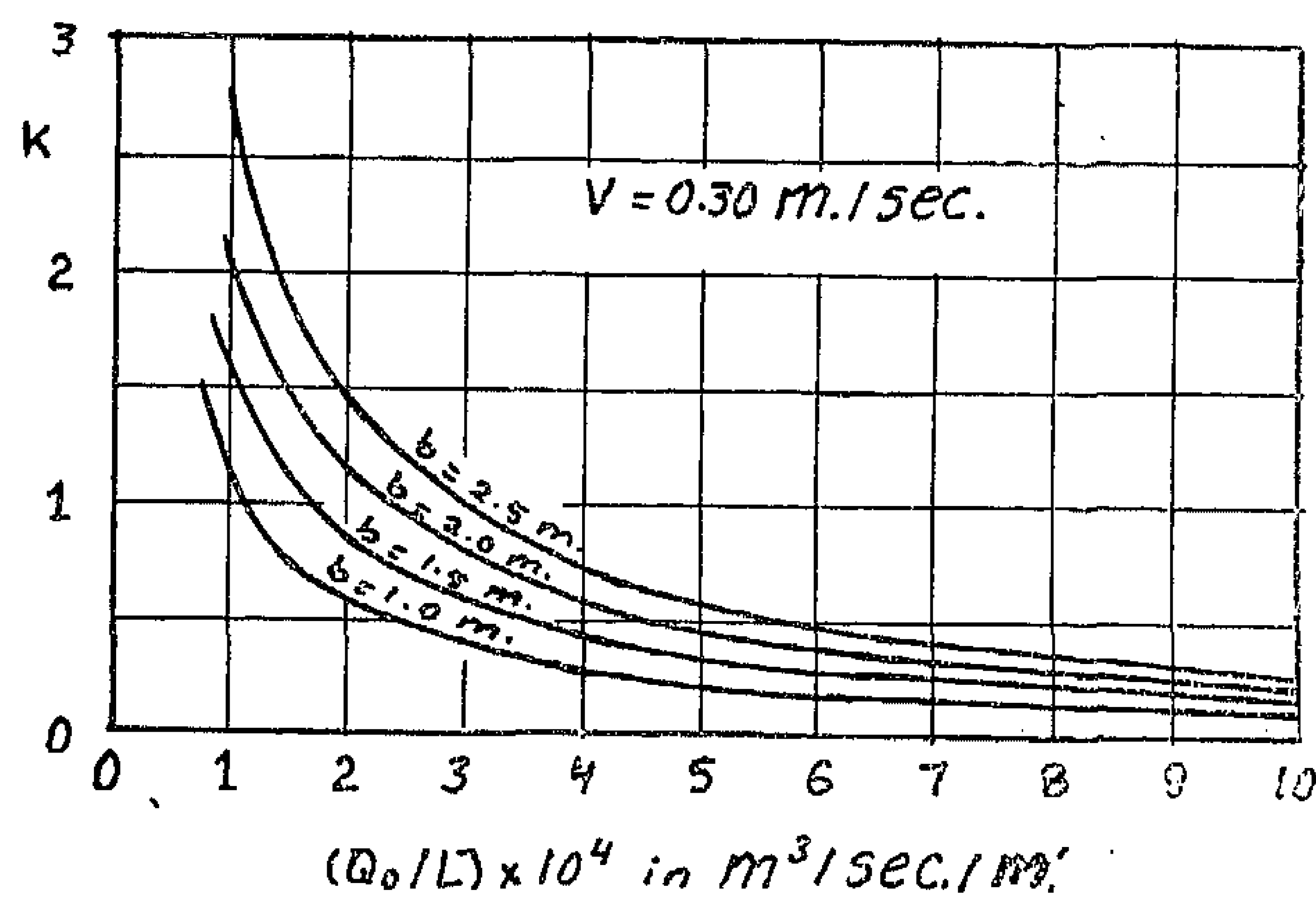


FIG.9

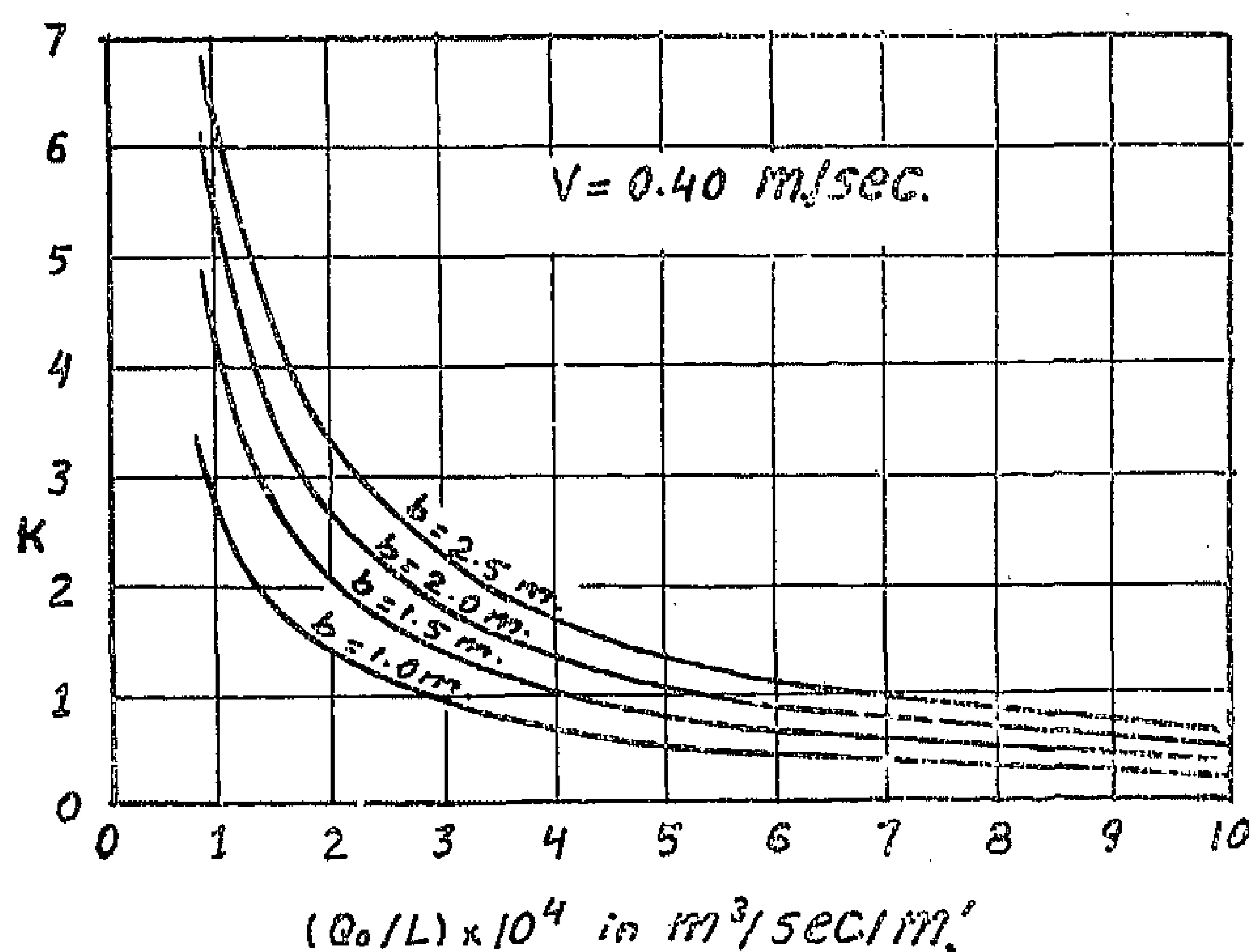


FIG.10

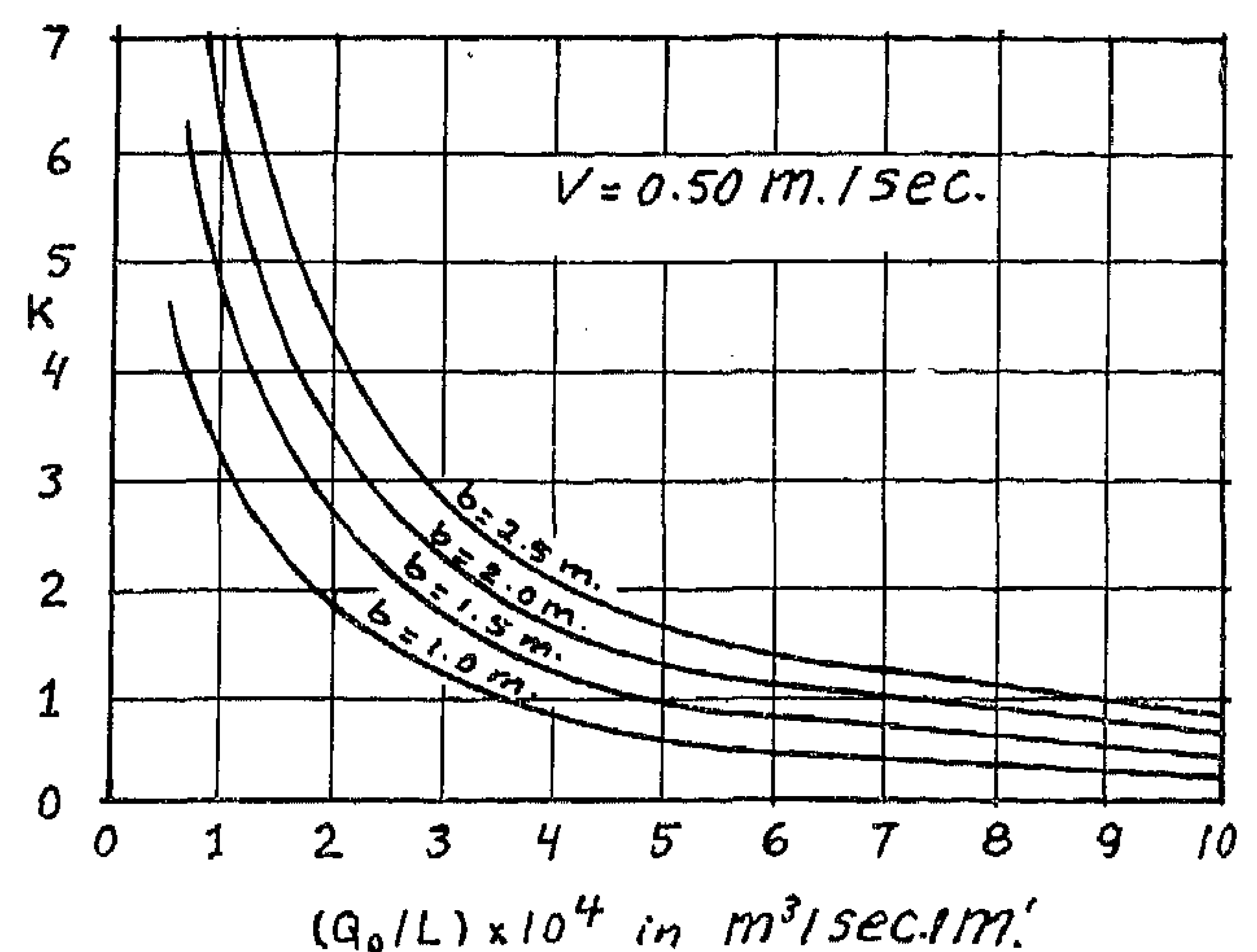


FIG.11

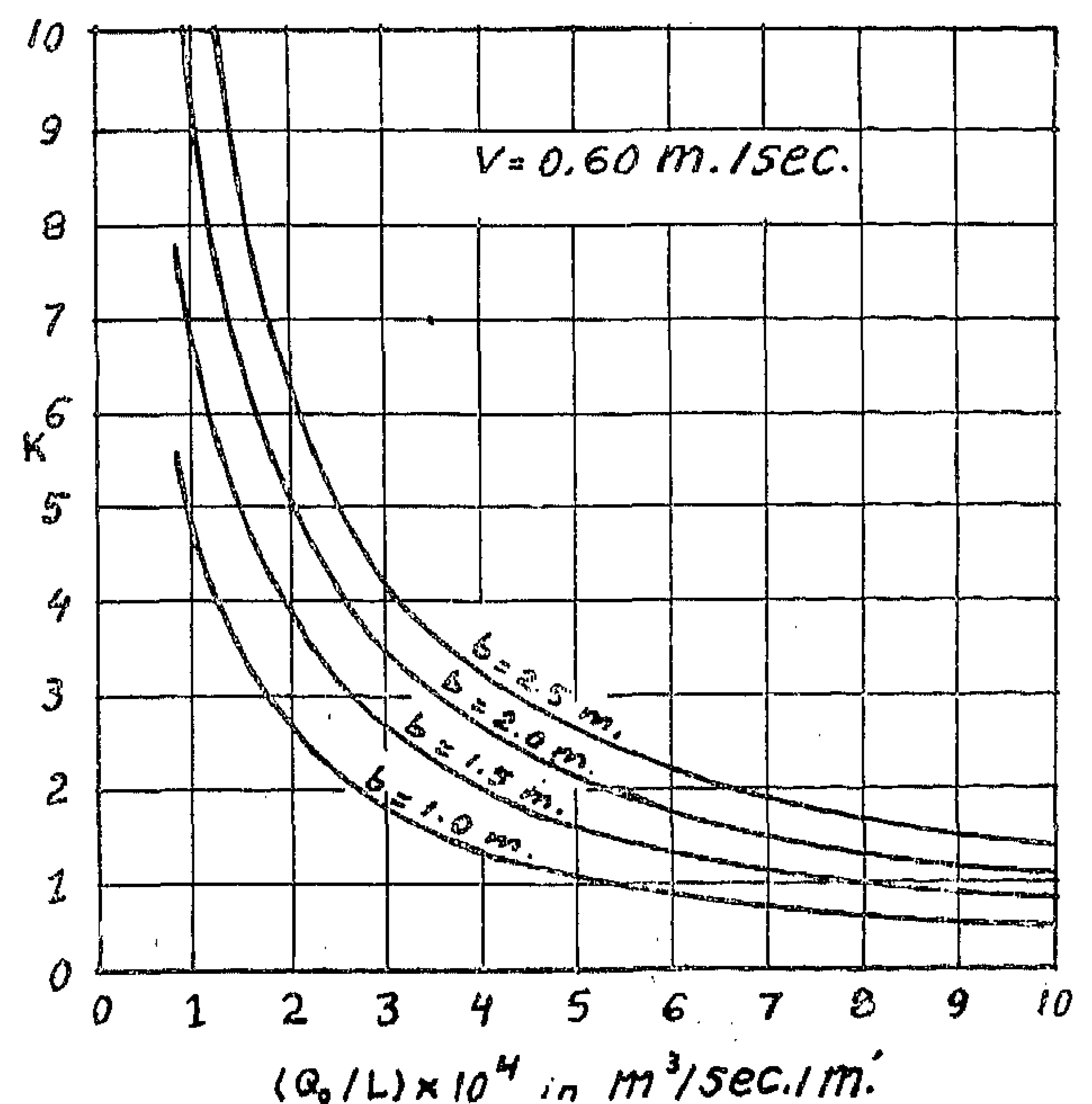


FIG.12

$$y + \bar{y} = K \text{ long } \frac{L}{L - x} + \frac{- b + \sqrt{b^2 + 4 \frac{\beta}{V} (L-x) \frac{dQ}{dx}}}{2 \beta} \rightarrow (10)$$

Equations (8) and (10) will give the water surface and bed surface elevations respectively, and will be sufficient together with adopted values of v, b, β and $\frac{1}{n}$ to determine the profile of the canal along its whole length L for a given value of discharge Q_o.

The opproaximation made in equation (5) by assuming a fixed ratio between bed width b and water depth y will suffer a systematic error in the direction of motion since b remains constant and y undergoes a systematic decrease. However, from various calculations, this approaximation has been corrected and accordingly the water surface elevation is given by the equation.

$$\bar{y} = K \left(1 - \frac{2}{3} \frac{x}{L}\right) \log \frac{L}{L - x} \rightarrow (11)$$

and the bed elevations are given by the equation :

$$y + \bar{y} = K \left(1 - \frac{2}{3} \frac{x}{L}\right) \log \frac{L}{L - x} + \frac{- b + \sqrt{b^2 + 4 \frac{\beta}{V} (L-x) \frac{dQ}{dx}}}{2 \beta} \rightarrow (12)$$

Equations (11) and (12) form the basis of calculations for the profiles of distribution canals.

If for example we consider a distribution canal 5.0 Km long serving an area of 2000 feddans at a water duty of 40 m^3/fedd/day. Q_o in this case will be 0.93 m^3 / sec and $\frac{dQ}{dx}$ = 1.86×10^{-4} m^3 / sec / m.

If b — is chosen 2.0 m, β = 1 : 1, V = 0.50 m/sec and $\frac{1}{n}$ = 40, then K = 2.4 from equation (8).

$$\text{therefore } \bar{y} = 2.4 \left(1 - \frac{2}{3} \frac{x}{L}\right) \log \frac{L}{L - x}$$

The corresponding water surface and bed profiles are shown in Figure (8). It is clear from that figure that both the bed slope and water surface slope are slight in the upstream reaches of the canal and then increase as we proceed downstream. In fact the bed is almost horizontal in the first kilometer of the canal length and then slopes at an increasing rate.

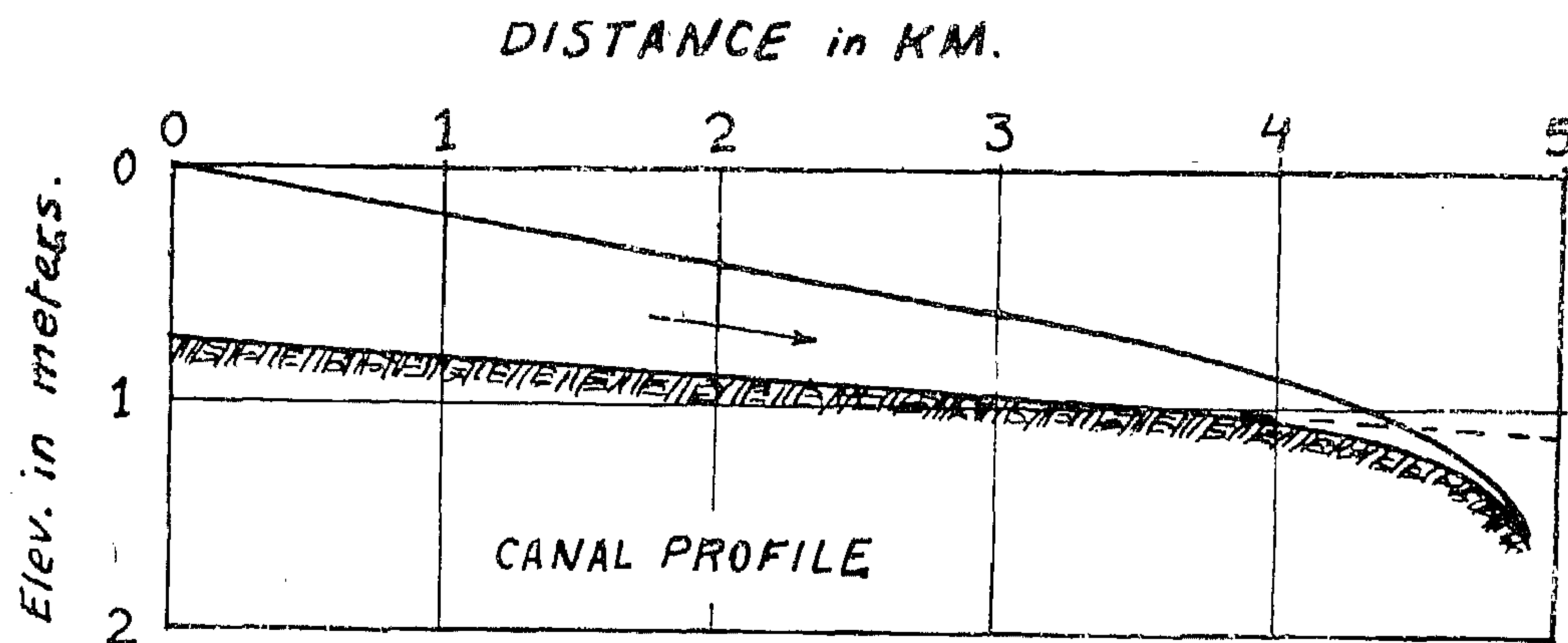


FIG. 8

$$m = \frac{Q}{v\, b} \left[\frac{1}{1 + 4/3 \sqrt{1 + \beta^2}} \right] \rightarrow (5)$$

Therefore $i = v^3 n^2 b \left[1 + 4/3 \sqrt{1 + \beta^2} \right]$

$$\frac{1}{(L-x)\dfrac{dQ}{dx}} = \frac{v^3 n^2 b}{\dfrac{dQ}{dx}} \left[1 + \frac{4}{3} \sqrt{1 + \beta^2} \right]$$

$$\frac{1}{L - x} \rightarrow (6)$$

substituting into equation (4), then :

$$\frac{d\bar{y}}{dx} = \frac{v^3 n^2 b}{\dfrac{dQ}{dx}} \left[\left(1 + \frac{4}{3} \sqrt{1 + \beta^2}\right) - \frac{v^2}{g} \right] \frac{1}{L - x} = \bar{K} \left(\frac{1}{L - x} \right) \rightarrow (7)$$

Where K is a constant since v, $\frac{dQ}{dx}$, b and β are all constants. The constants. n, b and β are properties of the section ; $\frac{dQ}{dx}$ is constant depending upon the length of the canal and the distribution of pipe inlets, and V is chosen as to insure economical nonsilting nonscouring conditions.

By integration, equation (7) becomes :

$$\bar{y} = \int \bar{K} \frac{1}{L - x} dx$$

$$= - \bar{K} \log (L - x) + c$$

$$= - 2.3 \bar{K} \log (L - x) + c$$

$$= - K \log (L - x) + c$$

at x = o, $\bar{y}$ = 0, then

$$\bar{y} = K \log \left(\frac{L}{L - x} \right) \rightarrow (8)$$

$$\text{where } K = 2.3 \left[\frac{v^2 n^2 b}{\dfrac{dQ}{dx}} \left(1 + 4/3 \sqrt{1 + \beta^2}\right) - \frac{V^2}{g} \right] \rightarrow (\bar{8})$$

To evaluate the depth of flow y at any section, we have :

$$A = \frac{Q}{V}$$

And from figure (6) we have :

$$A = by + \beta y^2$$

$$\therefore by + \beta y^2 - \frac{Q}{V} = 0$$

$$\beta y^2 + by - \frac{(L - x)}{V} \frac{dQ}{dx} = 0$$

which is a quadratic equation in y

$$\therefore y = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4 \dfrac{\beta}{V} (L - x) \dfrac{dQ}{dx}}}{2 \beta} \rightarrow (9)$$

The other root being dropped since it gives a negative value for y

To evaluate the canal bed elevations relative to an arbitrary datum (Figure 7), equations (8) and (9) can be added to find $(y + \bar{y})$

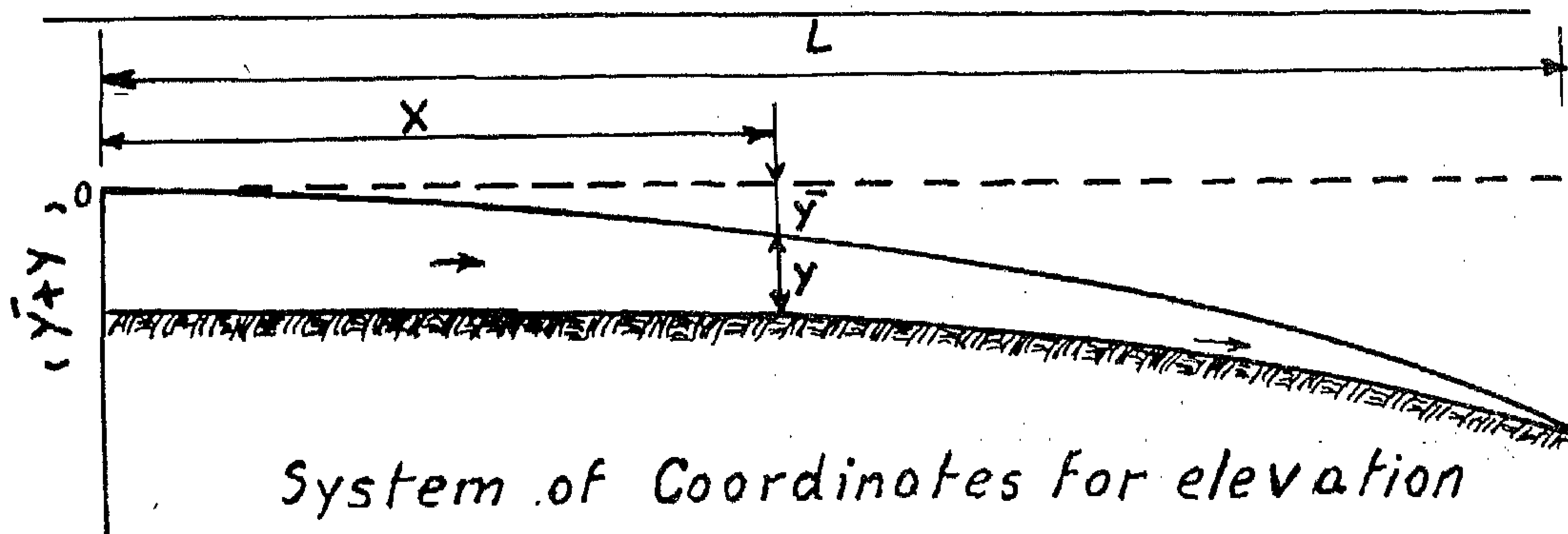


FIG. 7

$$\left[\frac{V}{A}\frac{dQ}{dx} + \frac{Q}{A}\frac{dv}{dx}\right] \longrightarrow \quad (1)$$

Adopting a constant velocity along the whole length of the canal, equation (1) will reduce to :

$$\frac{dy}{dx} = (i - S_o) - \frac{1}{g}\left[\frac{V^2}{Q}\frac{dQ}{dx}\right] \rightarrow (2)$$

Having a constant velocity along the length of the canal will have the advantage of giving economical cross sections, since the discharge is systematically decreasing and the cross sections will be just enough to pass it. On the other hand, this constant velocity can be chosen as to insure nonsiting-nonscouring

If the total length of the canal is L and the discharge at its head $= Q_o$, then

$Q_o = L \frac{dQ}{dx}$ and the discharge at section (1) in Figure (4) $Q = Q_o - x \frac{dQ}{dx} = (L - x)\frac{dQ}{dx}$

where x is the distance from section (1) to canal head substituting into equation (2), then :

$$\frac{dy}{dx} = (i - S_o) - \frac{V^2}{g}\left(\frac{1}{L-x}\right) \rightarrow (3)$$

If the drop in the water surface elevations between the two sections (Figure 5) $= d\bar{y}$ then

$$d\bar{y} = S_o\, dx + dy$$

$$\therefore \frac{d\bar{y}}{dx} = S_o + \frac{dy}{dx}$$

Substituting into equation (3), then

$$\frac{d\bar{y}}{dx} = i - \frac{V^2}{g}\left[\frac{1}{L-x}\right] \rightarrow (4)$$

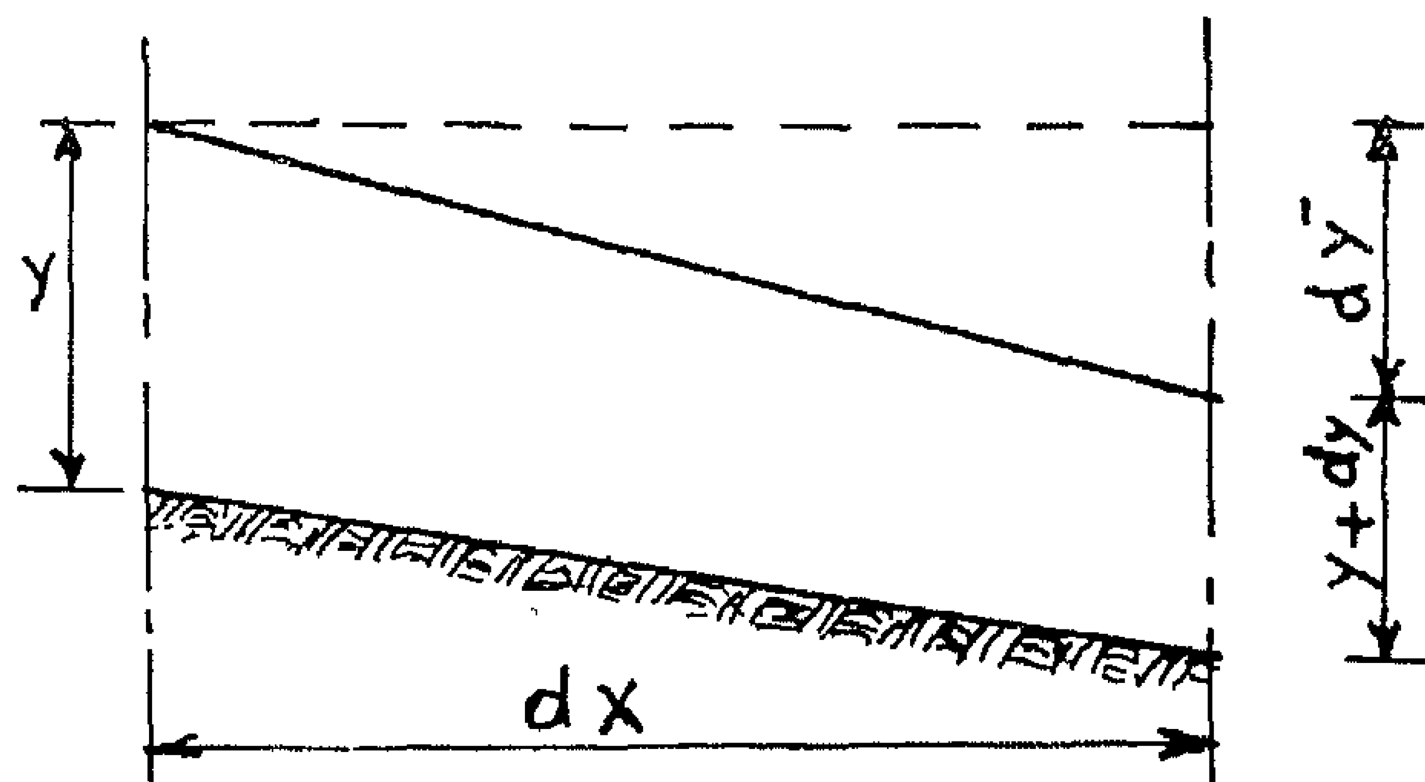


FIG.5

To evaluate the total energy gradient i, the Manning's formula may be adopted in the form :

$$V = \frac{1}{n} m^{2/3} i^{1/2}$$

$$\therefore i = \frac{V^2 n^2}{m^{1.33}} \simeq \frac{V^2 n^2}{m}$$

This opproximation is justified by the fact that the uncertainty in i due to this approaximation is of the same order of magnitude, if not less, than the uncertainty in n^2 where $\frac{1}{n}$ is the Manning's coefficient of friction.

If the cross section of the canal is taken trapezoidal with bed width b and side slopes 1 :β (Figure 6) by a reasonable approaximation it can be written in the form :

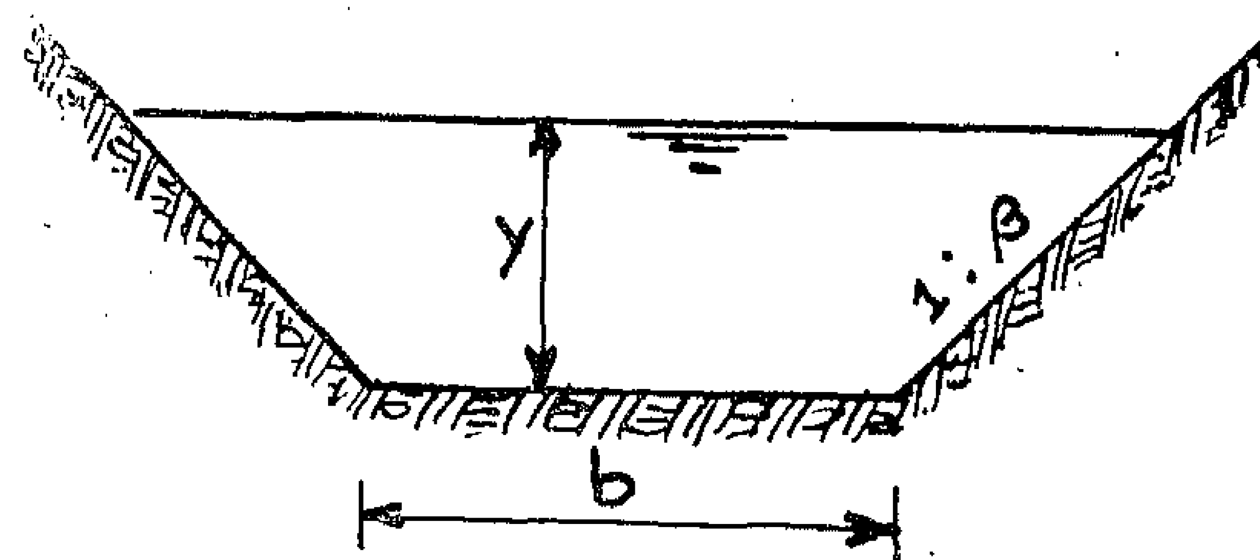
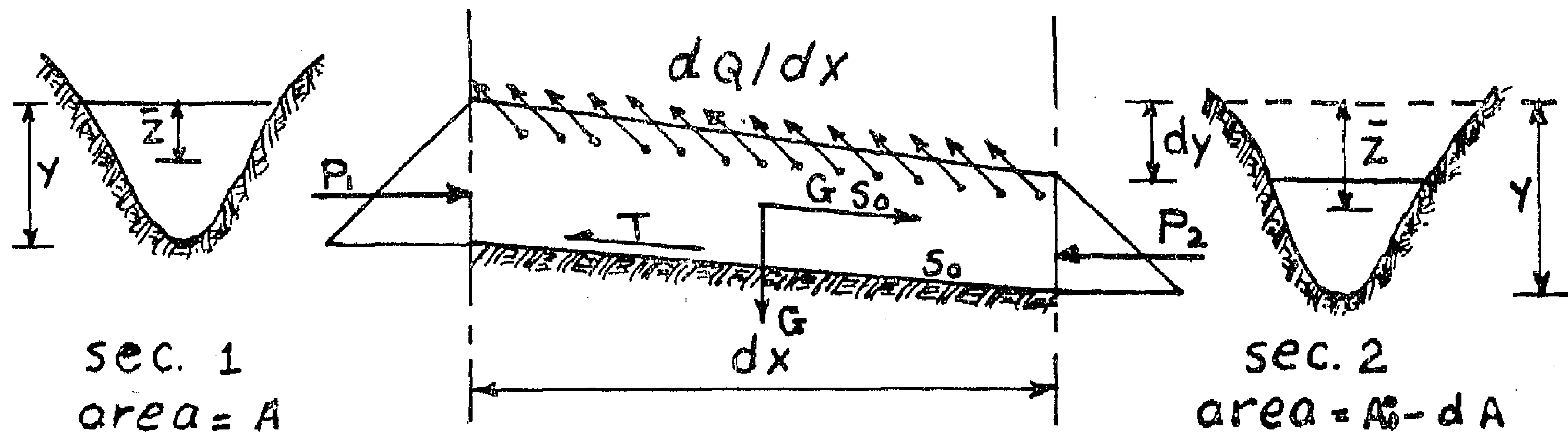


FIG. 6

$$m = \frac{A}{b + 2\sqrt{1+\beta^2}\, y} = \frac{Q}{v\left[b + 2\sqrt{1+\beta^2}\, y\right]}$$



Forces acting on an element of the flow

FIG.4

The external forces acting on the element in the x — direction are :

a) Pressure force $= P_1 - P_2 = \gamma . A\bar{Z} - \gamma \left[A (\bar{Z} - dy) + dA \frac{dy}{2}\right]$ where Z is the depth of centroid below water surface and γ is the specific weight of fluid.

b) The component of own weight of the fluid between the two sections $= GS_o = \gamma \left(A - \frac{dA}{2}\right) dx . S_o$.

c) The friction force at bed and sides T
$$= \gamma \frac{A - dA/2}{p - dp/2} . i \left(p - \frac{dp}{2}\right) . dx$$
where p is wetted perimeter at section (1) and i is the slope of total energy line.
The resultant force in the x — direction will be;

$$\gamma A\bar{Z} - \gamma \left[A (\bar{Z} - dy) + dA \frac{dy}{2}\right] + \gamma \left(A - \frac{dA}{2}\right) dx. S_o - \gamma \left(A - \frac{dA}{2}\right) i. dx$$
$$= \gamma A\, dy + \gamma A S_o dx - \gamma Ai\, dx$$
(neglecting differentials of second order)

This force will be balanced by the force due to change of momentum between the two sections which is equal to :

$$\frac{\gamma}{g} \left[QV - \left(Q - \frac{dQ}{dx} dx\right) (V - dv)\right]$$

where V in the mean velocity at section (1).

Negtecting differentials of second order, this force will equal.

$$\frac{\gamma}{g} \left[V \frac{dQ}{dx} dx. + Q\, dv\right]$$

Equating the two forces, then :

$$\gamma A (dy + S_o dx - i\, dx) = - \frac{\gamma}{g} \left[V \frac{dQ}{dx} dx + Q\, dv\right]$$

$$\therefore dy + S_o dx - i\, dx = \frac{-1}{g} \left[\frac{V}{A} \frac{dQ}{dx} dx + \frac{Q}{A} dv\right]$$

$$\therefore \frac{dy}{dx} = i - S_o - \frac{1}{g}$$

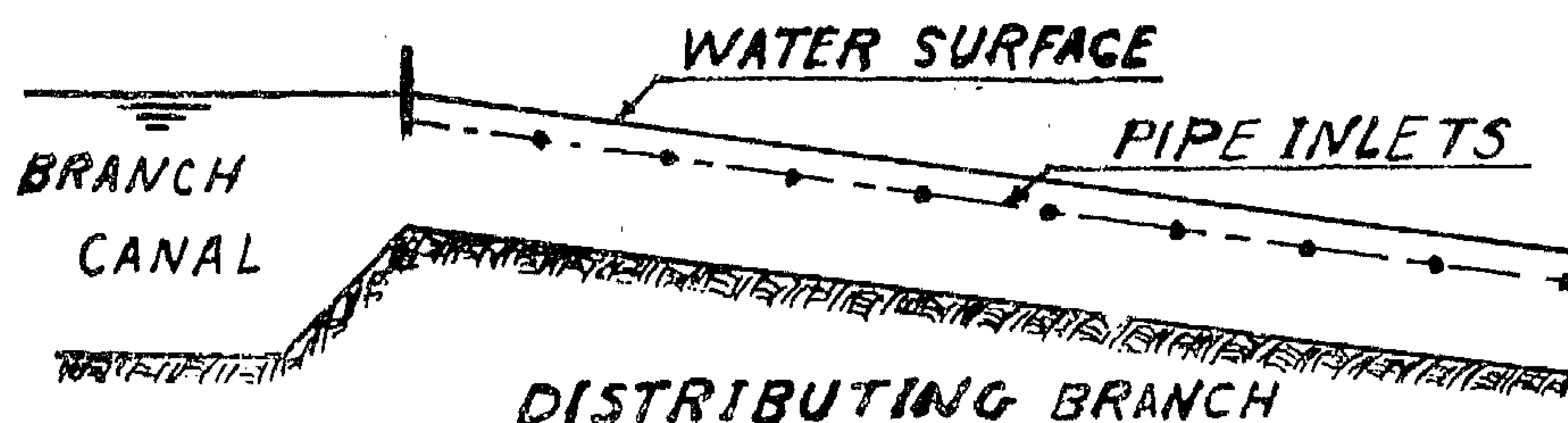


FIG. 2

profile is included in Fig. (3) for comparison. It is clear from Figure (3) that the water surface drops rapidely towards the end of the canal with the result of having pipe inlets in this reach completely unsubmerged. It is interesting to note that even if an excess discharge of 50% is given to the canal in order to compensate for downstream inlets, the water surface in the last 30% of the canal length will be still below the field inlets.

Accordingly, an effecient allignment of the field inlets should follow the curvature of the water surface profile corresponding to nonuniform flow.

The object of the present work is to arrive at a theory for the shape of water surface in distribution canal and to develop this theory to make it possible for the design engineer to trace the actual water surface from convenient charts and accordingly determine the suitable elevations for inlets.

Theory of Design :

Consider a canal of bed slope S_o and in which the discharge decreases at a uniform rate $= \frac{dQ}{dx}$. If at any section, the area of flow = A the depth = y and the discharge = Q, and at another section dx downstream, the area = A — dA, the depth = y — dy and the discharge $= (Q - \frac{dQ}{dx} \cdot dx)$ as shown the Figure (4).

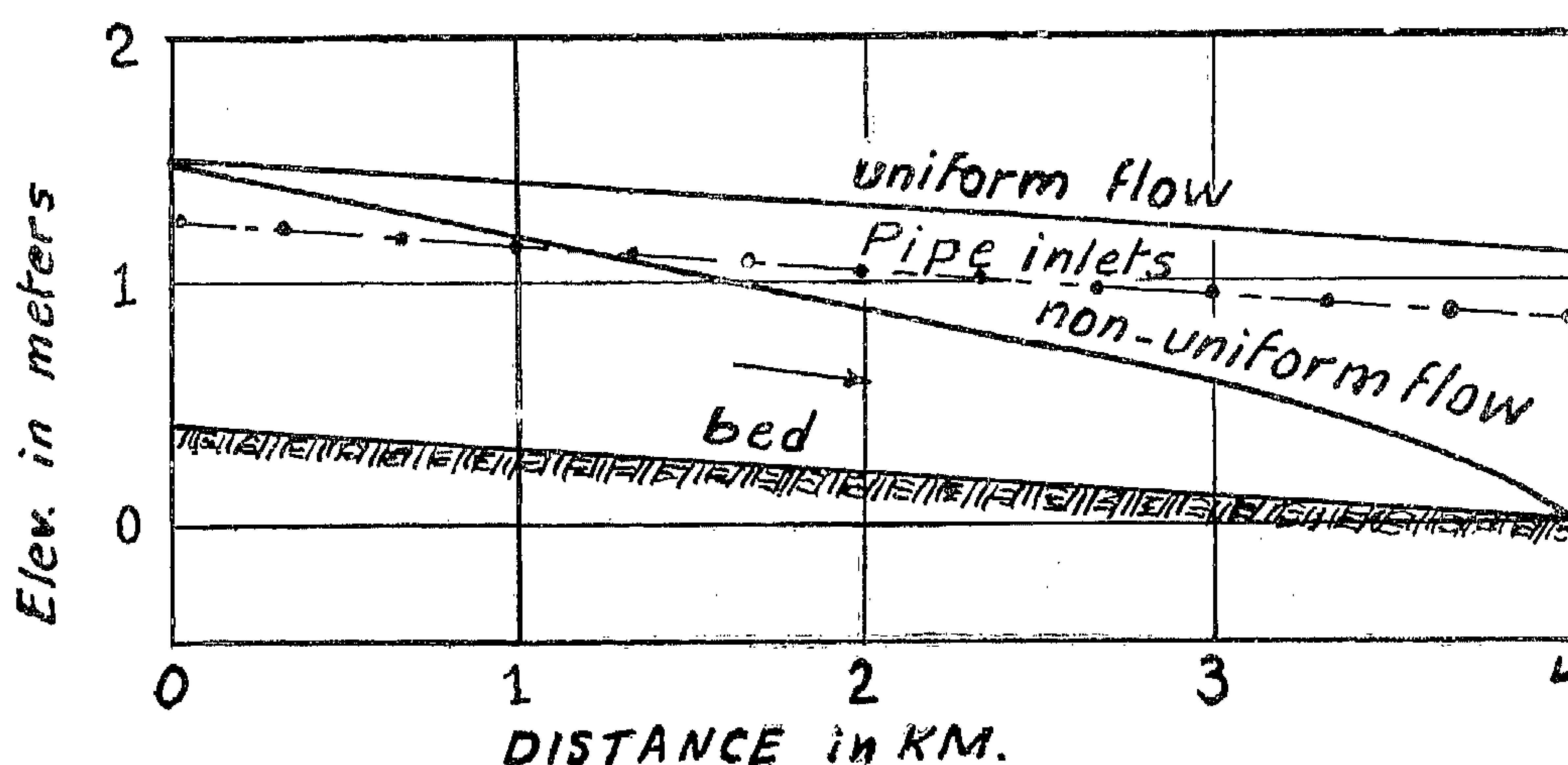
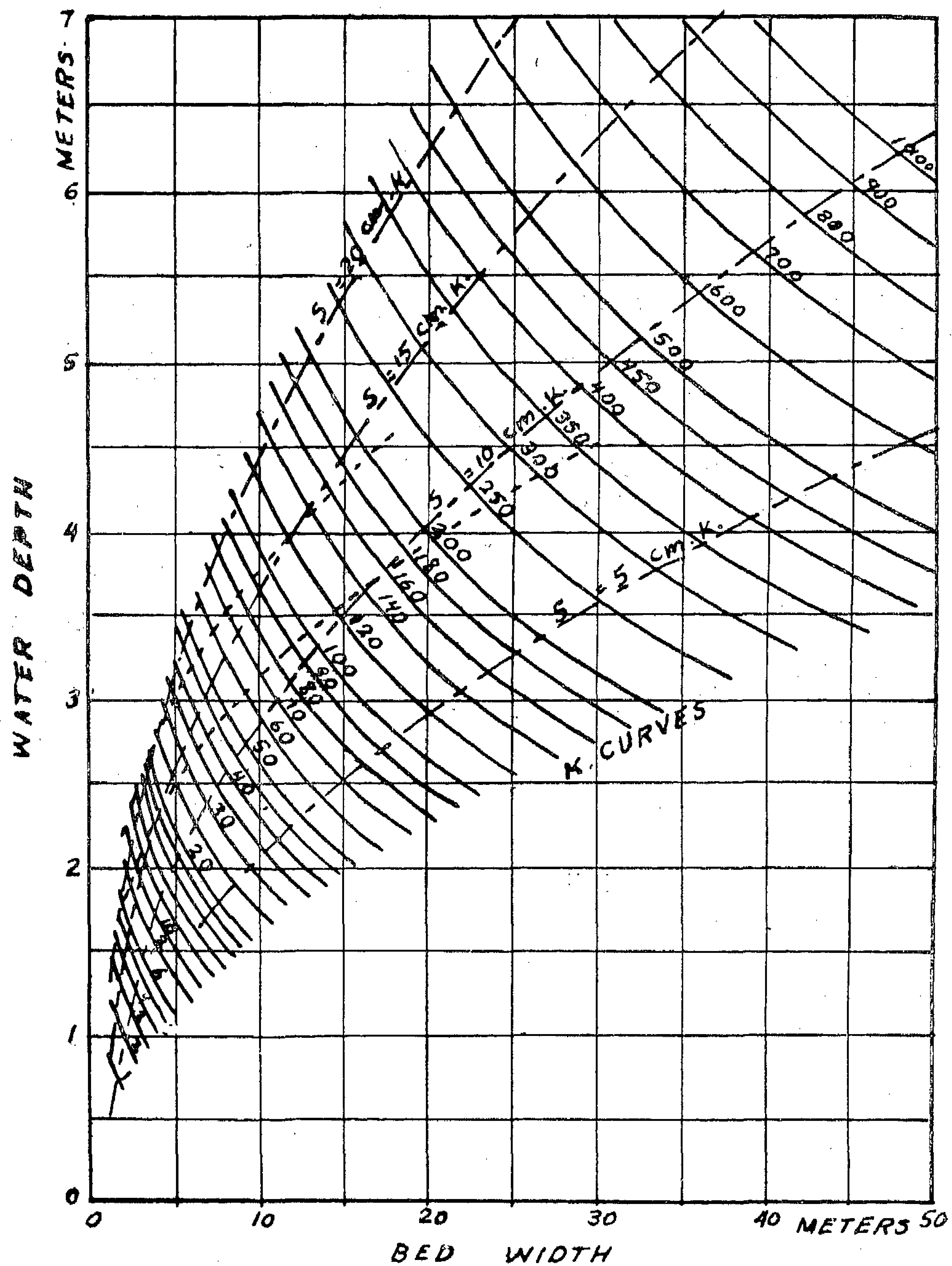


FIG.3



TRAPEZOIDAL CHANNELS - 1:1 SIDE SLOPES

FIG. 1

A NEW THEORY FOR THE DESIGN OF DISTRIBUTION CANALS

By

Dr. SAAD ZAGHLOUL HAMMAD,
B.Cc. M.Sc., Ph.D.

Dr. ALY ISMAIL EL-GAWHARY,
B.Sc, D.I.C., Ph.D.

INTRODUCTION :

A suitable design for distribution canals is of great importance for proportional distribution of irrigation water to land along the length of the distribution canal. The usual practice in the design of these canals is the assumption of uniform flow and accordingly the application of the Manning's formula ($Q = \frac{1}{n} . A.m^{2/3} S_o^{1/2}$) together with some other emperical relation such as the Molesworth-Yennudonia (Figure 1), This relation pased on egyptian practice, gives another relationship between the bed width b, the water depth y and the bed slope S_o and side slopes β.

Once the water depth is determined, the water surface is taken parallel to the bed, and the centres of the pipe inlets, used for transimittion of water to the field, are taken on a line parallel to the water surface and lying at a suitable distance below it (Figure 2).

The assumption of uniform flow in distribution canals is not correct since the discharge in the canal is decreasing in a systematic manner with the distance x along the canal, and accordingly the flow is nonuniform flow. This nonuniform flow will give a dropdown curve for the water surface with steep slopes towards the end of the canal. Accordingly, the actual elevations of water surface in the downstream reaches will be considerably lower than elevations obtained from uniform flow calculations. These reduced elevations of water surface will result in depriving land areas towards the end of the canal from their proper share, and propably all their share, of irrigation water and in the same time giving the upstream reaches more than their share.

This impropotional distribution of irrigation water is not avoided by adopting new devices for field inlets or by reducing the bed width of canal since the basic error lies in the assumption of uniform flow.

To demonstrate the actual conditions of water surface in distribution canals we consider the following example : A distribution canal 4.0 km long, 10 cms/km bed slope, 1 : 1 side slopes and in which the total discharge is 1.0 m^3/sec. $\frac{1}{n} = 40$. Adopting the assumption of uniform flow, we have :

$$Q = \frac{1}{n} . m^{2/3} . S_o^{1/2}. A$$

where Q = discharge

$\frac{1}{n}$ = Manning's coefficient of friction.

m = hydraulic mean depth

A = Cross sectional area = by + y^2

and S_o = bed slope

Thus $Q / \frac{1}{n} S_o^{1/2} A = m^{2/3} = 2.5$. Using the Molesworth-Yennedunia curves (Fig. 1) we get b = 2.0 m and Y = 1.10 m and the resulting water surface and bed profiles are shown in Figure (3).

Actually the discharge is decreasing at a moreorless uniform rate = 0.25 m^3/sec./km, and to get the actual water surface, the step by step method is used and the resulting water

PLATE (II)



Figure (a)

Photomicrograph showing the crack propagation along the boundary of the fossil.

P.L. X25

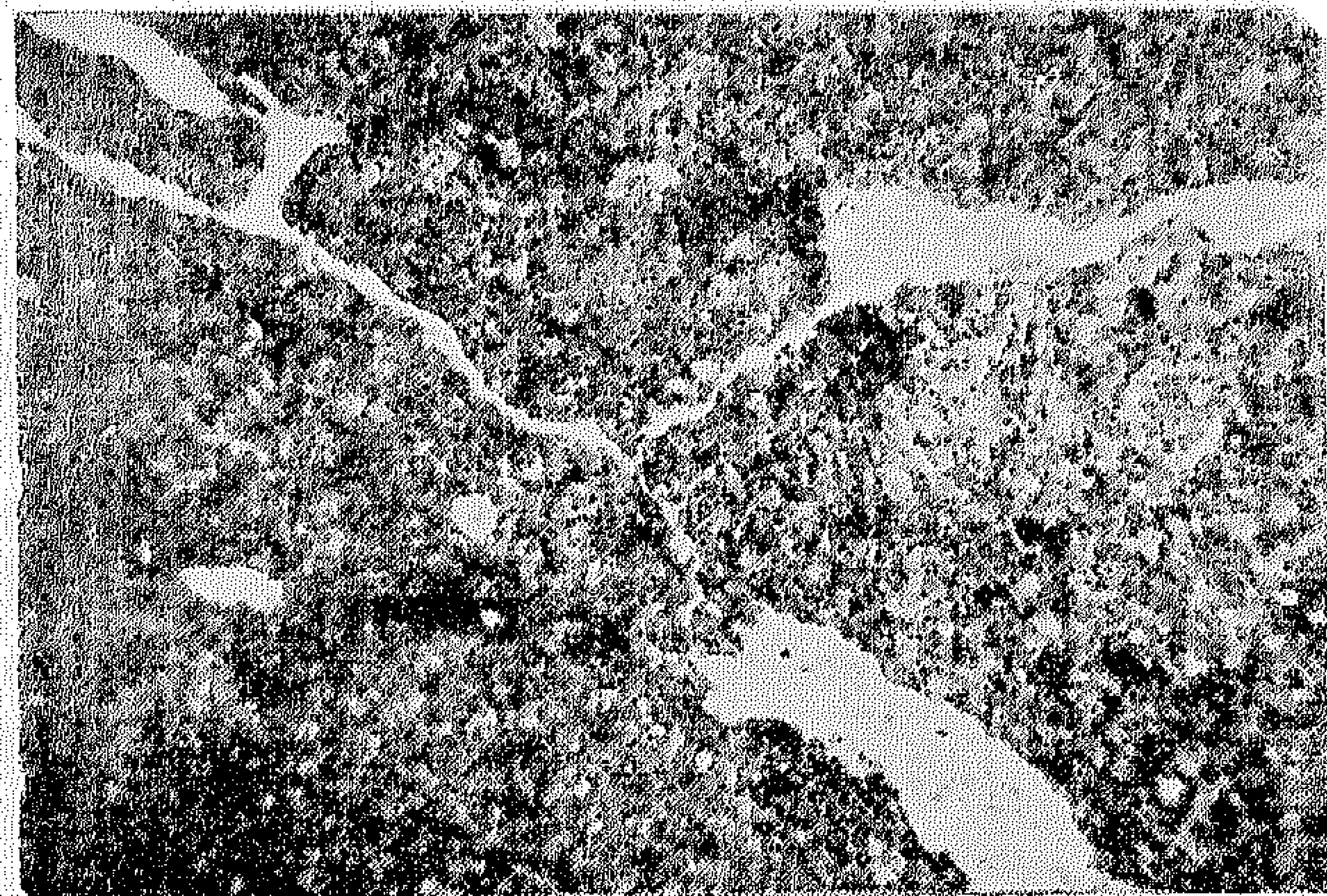


Figure (c)

Photomicrograph showing the direction of the crack propagation in dolomitic Limestone; where it is noticed that the cracks propagate along the matrex and not across the fine grains.

P.L. X25

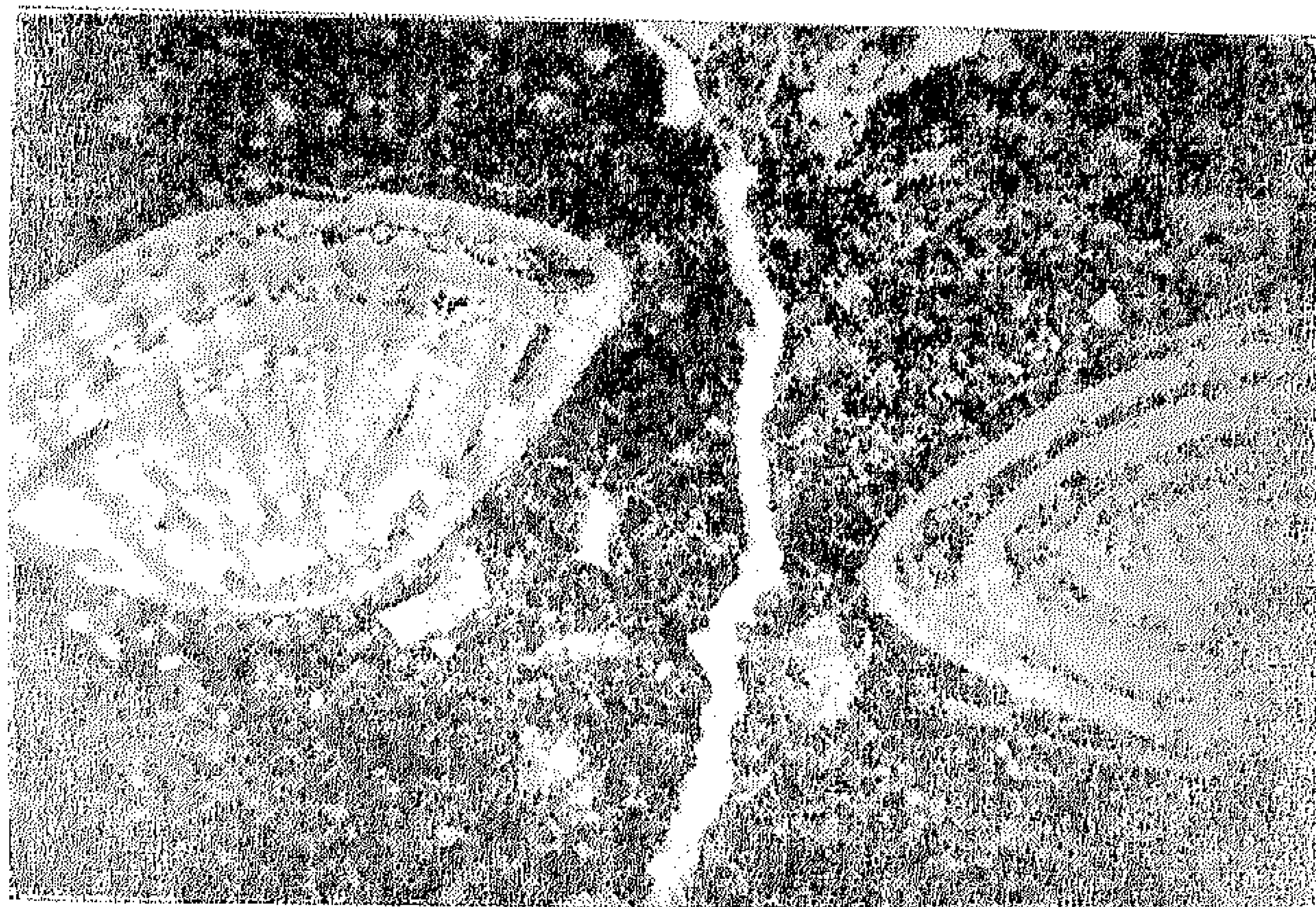


Figure (b)

Photomicrograph showing the direction of the crack propagation in fossiliferous Limestone. Failure occurs along the boundaries.

P.L. X25

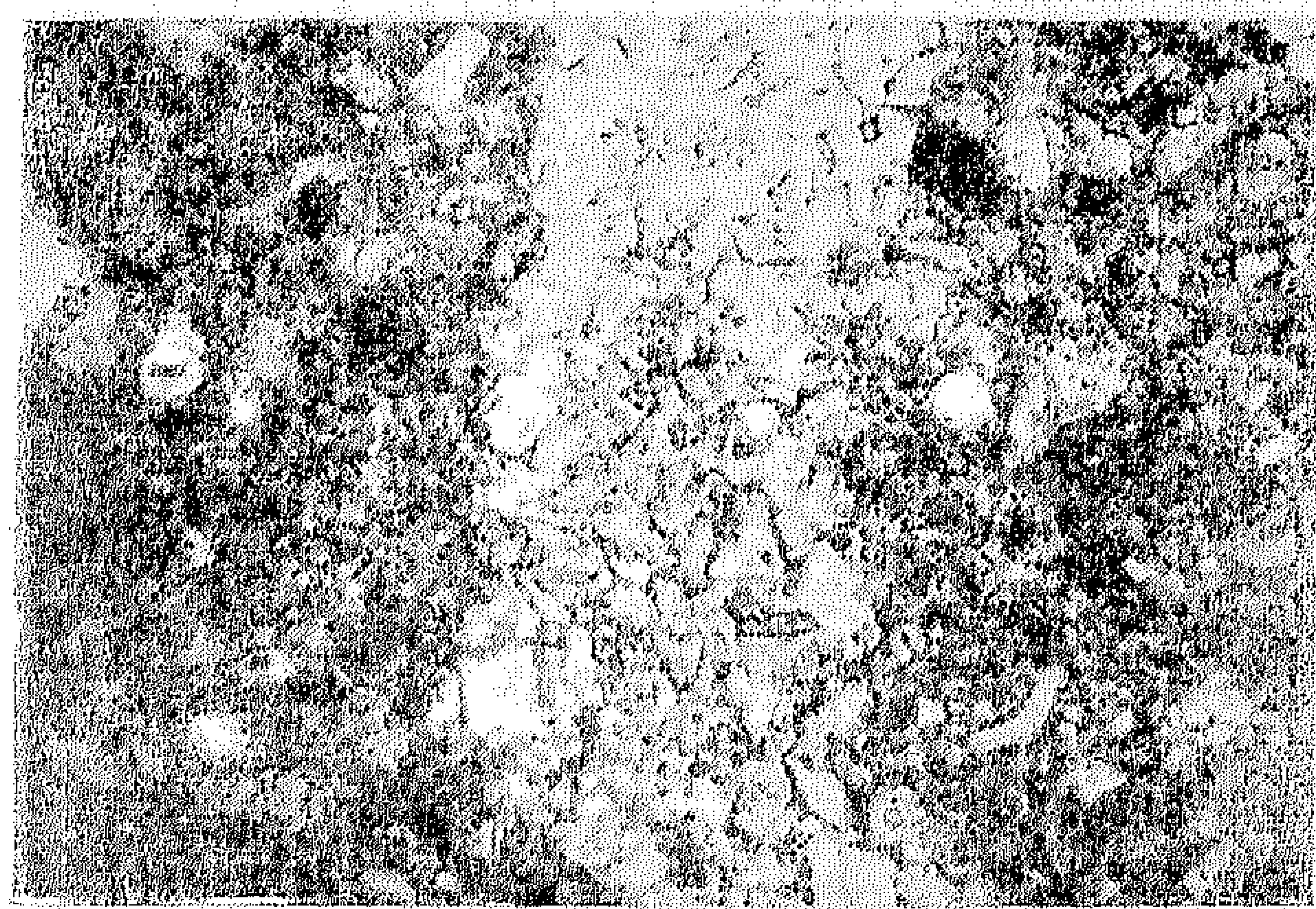


Figure (d)

Photomicrograph showing the effect of both compressive and tensile stress on grains and also the deformation along the shear plane.

P.L. X25

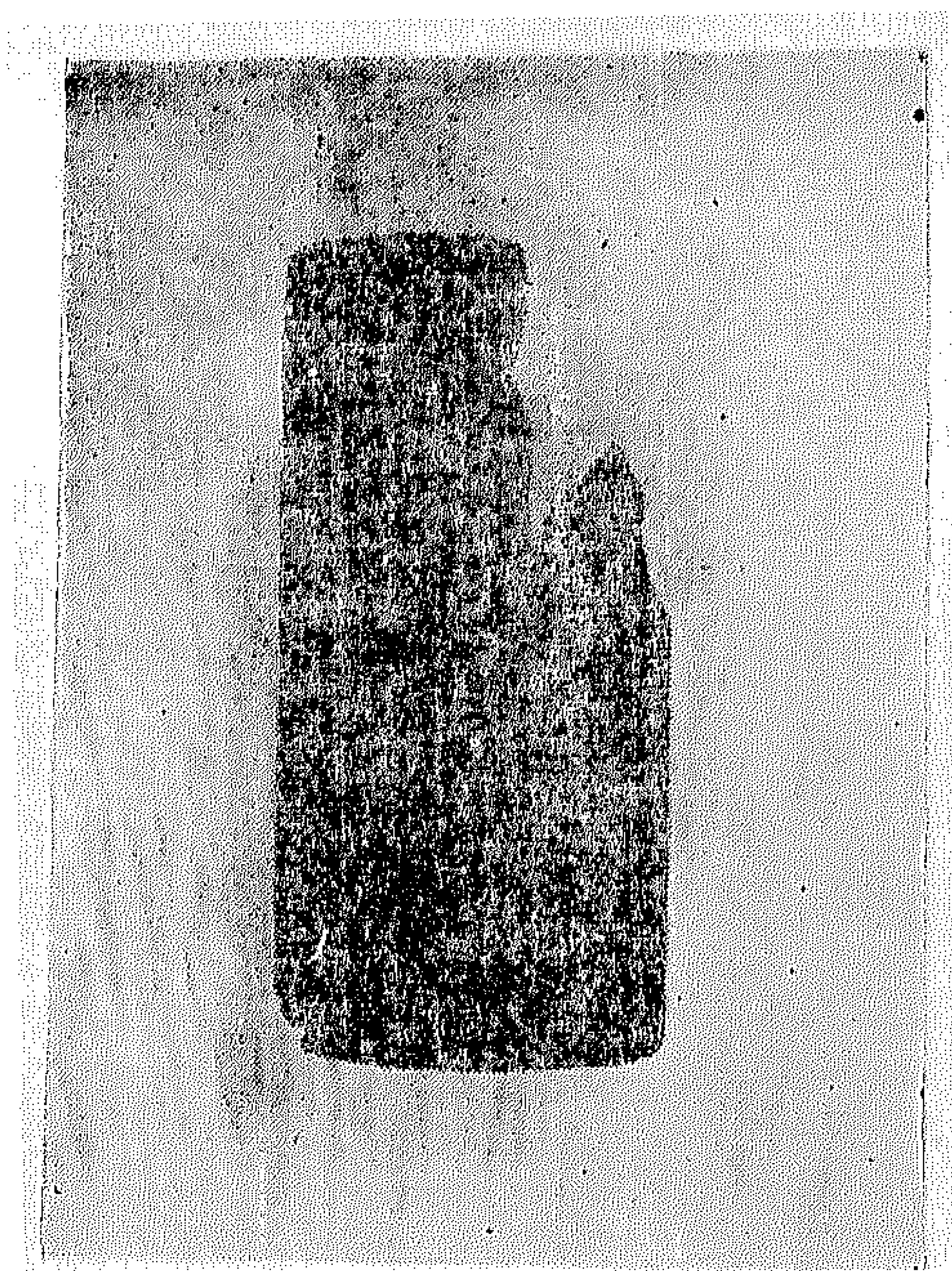


Figure (e)

Maximum load : 1546 psi, orientation : 45°, angle of failure : 45° Photo showing brittle failure characterised by shear fracturing on plane inclined at 45° to the axis of maximum compressive stress.

(Rifai Area)



Figure (f)

Maximum load : 2278 psi, orientation : 45°, angle of failure : 60° Photo shows brittle failure characterised by shear fracturing on plane inclined at 60° to maximum compressive stress.

(Rifai Area)

PLATE (1)

Effect of Orientation on Mode of Failure

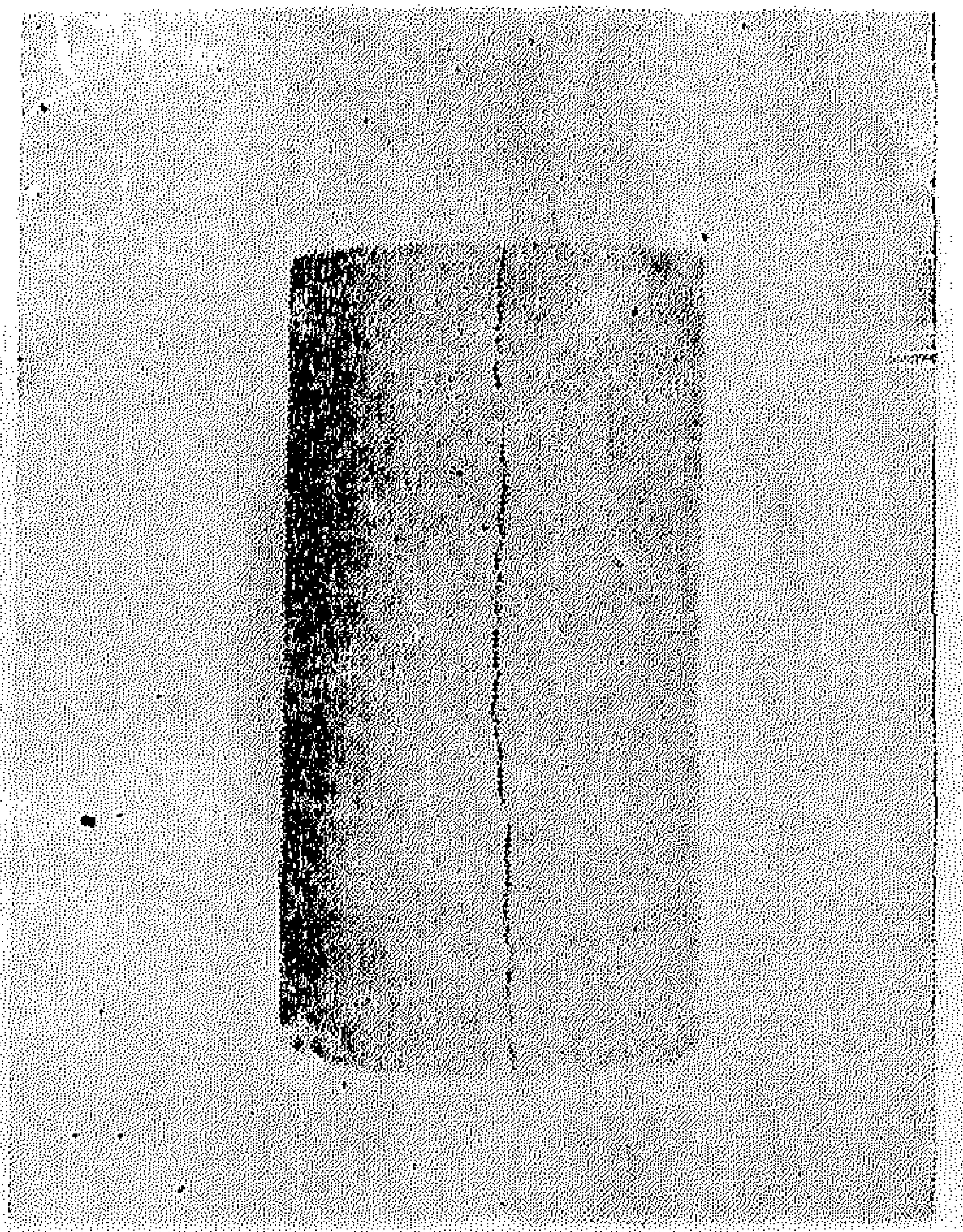


Figure (a)

Maximum Load : 3265 psi, orientation : O_0, angle of failure : O° Photo showing intrusion fracturing produced by applying the uniaxial load. The mode of failure takes the form of longitudinal splitting.

(Rifai Area)



Figure (c)

Maximum load : 1231 psi, orientation : 90°, angle of failnre : 0° Photo showing intrusion fracturing by compressive stress. The mode of failure is in the form of longitudinal splitting and wedging.

(Ture Area)



Figure (b)

Maximum load : 3352 psi, orientation : 0°, angle of failnre : 0° Photo showing intrusion fracturing by compressive stress. The mode of failure is in the form of longitudinal splitting and wedging.

(Ture Area)



Figure (d)

Maximum load : 3250 psi, orientation : 0°, angle of failure : 30° Photo showing brittle failure characterised by shear fracturing on plane inclined at angle 30° to the maximum compressive stress.

(Ture Area)

CONCLUSION

Results of present work indicate that failur of limestone is to occur parallel to bedding much more readily than other direction. The modulus of elasticity, and ultimate crushing strength are inversely proportional with sample orientation i.e., the plane anisotropy shows a pronounced influence on its mechanical propeerties. Besides the inclination of plane of failure is also dependent on the orientation.

REFERENCES

1. OSMAN, M., Work done on Egyptian Limestone. Internal Report. Geological and Mining Research Department (In Arabic) 1956.

2. LUCAS, A. The Disintigration of Building Stone In Egypt. Survey of Egypt. 1902.

3. HUME, W.F., The Building Stone of Cairo Neighbourhood and Upper Egypt, Survey of Egypt, 1910.

4. Mining and Quarries Department Cairo, U.A.R. Yearly Reports.

5. KABESH, M.L., and HAMADA, Limestone of Cairo Neighbourhood, Geological Survey of Egypt, Cairo 1954.

6. ZAATOAT, M.H., The Dolomite and Dolomitic Rocks of Gebel Ataga, Geological Survey of Egypt, Cairo, 1956.

7. GIRGIS, G., Sedimentological Studies of some Calcorous Rocks and their Economical Application, (Abu-Rawash Area), M. Sc. Thesis, Fac. Sc. Ein-Shams University, Cairo.

8. TOCHER, DON, Anisotropy in Rocks Under Simple Compression, Trans. Am. Geophy. Union, Vol. 38, 1957, p. 89-94.

9. WEAKER, R.G., Influence of Stress Rate and Other Factors on Strength and Elastic Properties of Rocks 3rd. Rock Mech. Symposiom, The Colorado School of Mines, Golden, April, 1959.

Plate (2) illustrates the effect of shell fragments on the mode of failure of the tested samples. It is clear that cracks propagated along the boundary of the fossils, but not across them. This fact indicates that the shell materials are stronger than the matrix. It was also found that higher percentage of fossils have weakening effect, this behaviour may be due to that the bond between the shell and the matrix in which they are contained is much weaker than the cohesion between the matrix particles. Intensity of these planes of weakness influences to great extent the mechanical behaviour of limestone.

The occurance of foreign materials as creack filling is found to be another factor to influence the behaviour of limestone rocks. It was found that specimens with cracks filled with quartz showed distinguished higher ultimate strength and failure occured in the form of sudden crushing, although specimens (one specimen) with crack filled with calcite crystals failed along the crack plane, i.e., the crack itself acted as a plane of weakness, and showed a lower ultimate strength.

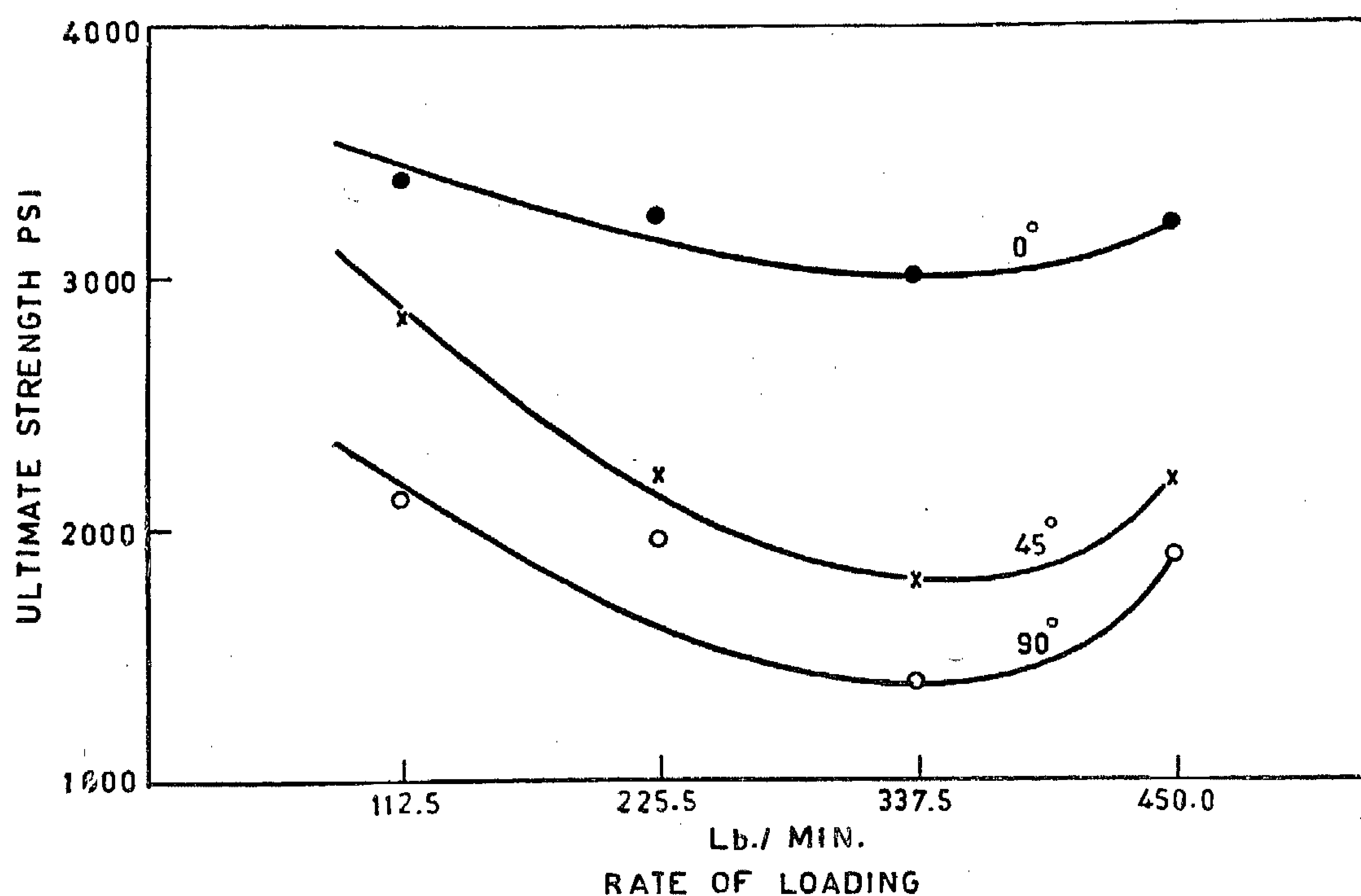


FIG. (13) EFFECT OF RATE OF LOADING ON ULTIMATE STRENGTH (TURA ARIA)

V.3. Effects of Rate of Loading on Mechanical Behaviour of Limestones :

Results obtained show some evidents that the rate at which the load is applied to limestone samples has some bearing on its strength properties. That is, the yield of tested specimens showes a sort of dependency on the rate of loading. Figs. 10 — 13 illustrate the variation of ultimate strength and young's modulus as function of rate of loading. Although the ultimate strength seemed to follow clear trend, Young's modulus variation is irregular, this phenomena may be due to the influence of other factors.

Results of experimental tests indicate also that shell fragments have an effect on the mechanical behaviour of Limestone which should be taken into consideration. Both the elastic function and their mode of failure are being influenced by the percentage of the shell fragments present. As shown in Table (5), sample which have large number of fossils have an average ultimate strength of 1931 psi, and modulus of elasticity of 2.95 × 10^5 psi, but those of almost no fossils show a high value of ultimate strength with an average of 3717 psi., and modulus of elasticity of 16.9 4 × 10^5 psi.

Table (5)
Effect of Fossil Content on Mechanical Properties (Rifai area)

Content of fossil fragments	No. of samples tested	Ultimate strength psi	Young's Modulus psi	Remarks
High	9	1931	2.95 x 10^5	The Silica content all over cinsidered the same percentage.
No fossils	8	3717	16.94 x 10^5	The analysis shows little variation

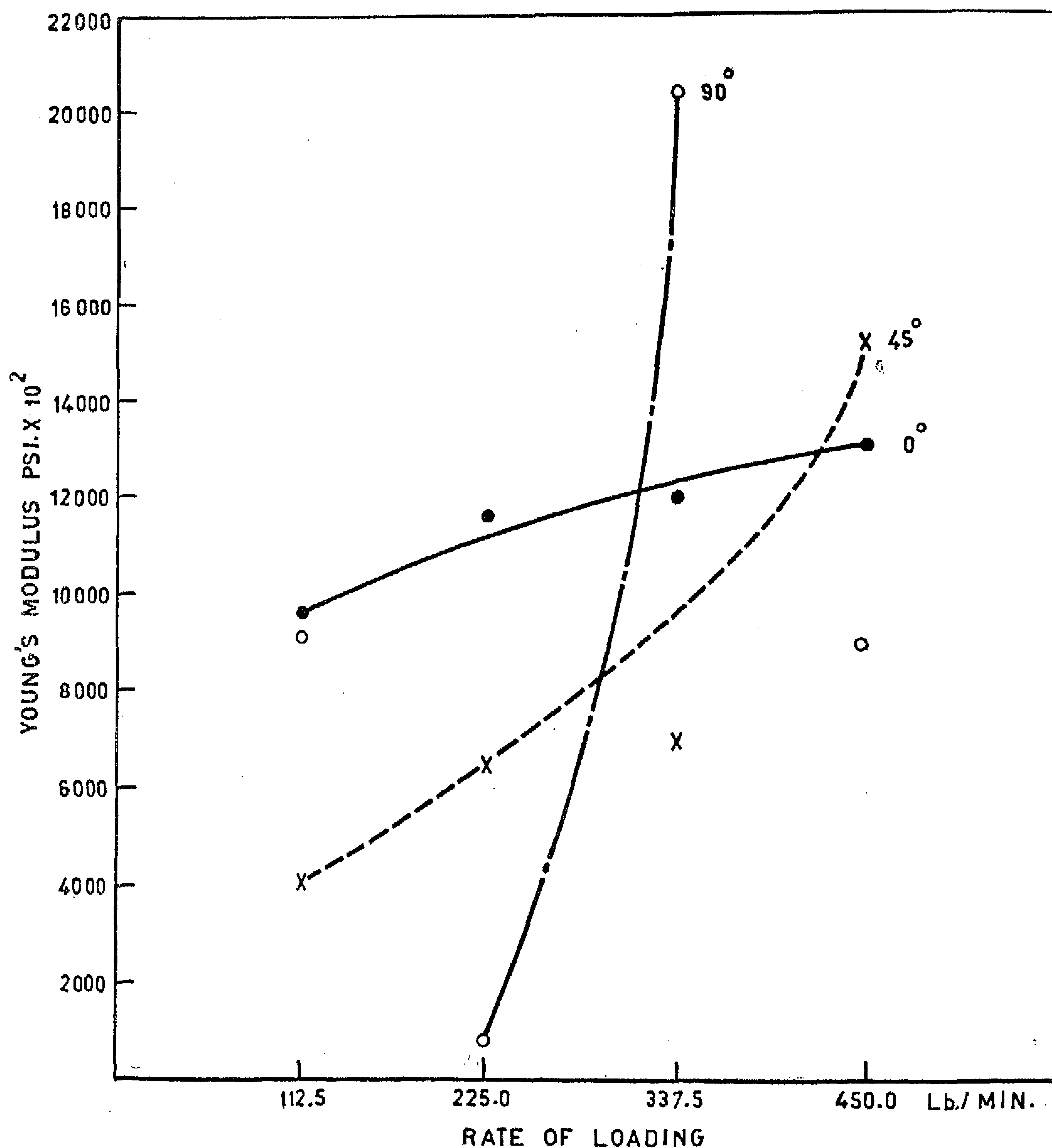


FIG.(12) EFFECT OF RATE OF LOADING ON YOUNG'S MODULUS (RIFAI APIA)

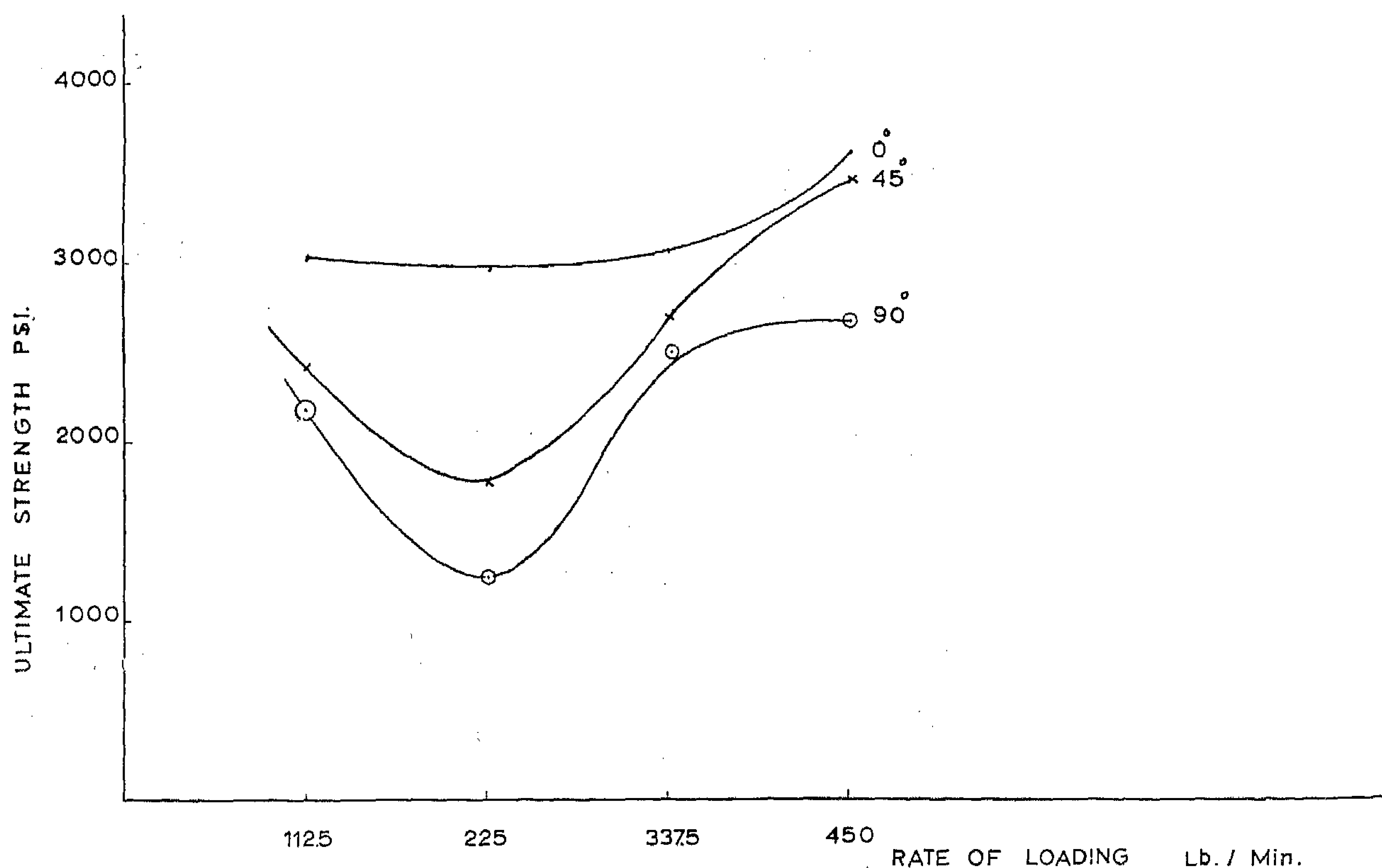


FIG.(10) EFFECT OF RATE OF LOADING ON ULTIMATE STRENGTH (REFAI ARIA)

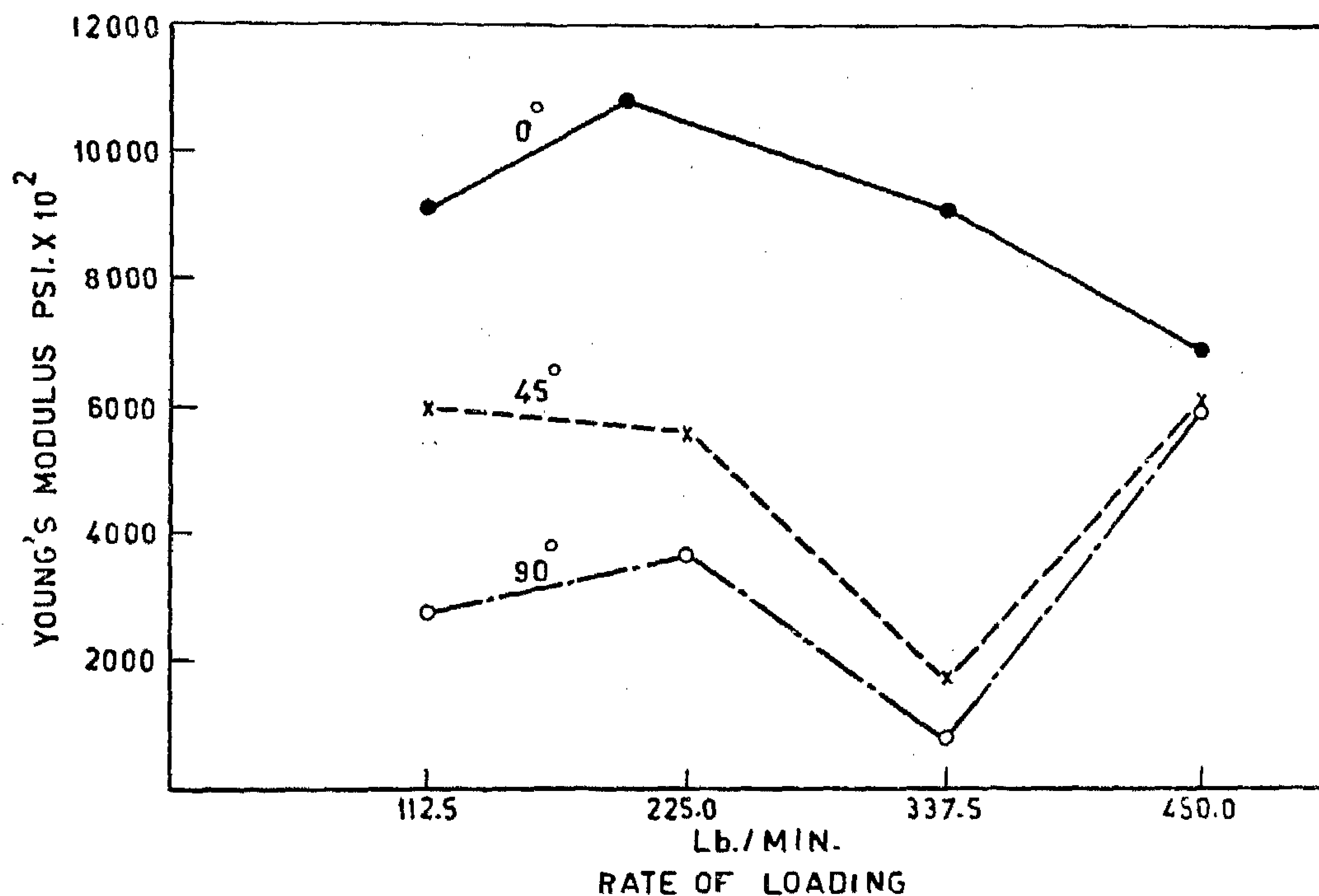


FIG. (11) EFFECT OF RATE OF LOADING ON YOUNG'S MODULUS (TURA ARIA)

V.2. Effect of Petrology on the Mechanical Behaviour of Limestone :

From the mineralogical and petrographic examination of the collected samples, the authors noted that the cementing and foreign materials occur in Egyptian Limestones are in general, quartz, crystalline calcite, hematite and tetanium. Their mode of occurance may be in the form of scattered particles and/or filling of cracks. Moreover, shell fregments and preserved fossils are found with different percentages and sizes.

Chemical analysis has been carried out for samples representing different localities in the same area results are in table (3). Tura area shows high percentage of SiO_2 at some parts and low percentage at others. Analysis shows that SiO_2 variation in Rifai area is negligable and can be considered homogeneoue i.e., have a negligable effect on the mechanical behaviour.

Results obtained indicate that the cementing and foreign materials, and fosiil fragments revealed an influence on the mechanical properties of limestone as well as their mode of failure. As shown in Table (4), sample with 5.6% quartz (average) have an average ultimate strength 3695 psi, and modulus of elasticity of about 12.9×10^5 psi, meanwhile those samples of an average 1.6 % quartz, showed lower ultimate strength of 1800 psi, and modulus of elasticity of 1.72×10^5 psi,. This fact may be due to the strengthening effecet caused by quartz particles, which result in the increase of its ultimate strength.

Table (3)

Chemical Analysis of Egyptian Limestones of Two Areas Under Consideration

Area	Chemical and Physical Properties									
	SiO_2 %	Ca O%	Mg O%	Iron %	TiO_2 %	Loss of ignition %	Moisture %	Av. Sp. gravity	Av. Hardness B.H. No.	Av. porosity
Tura	1.6-5.6	48-51.2	1.5-2.3	0.05-0.13	0.033-0.098	41.56-42.9	0.14-0.22	2.505	2.367	0.042
Rifai	0.86-1.22	51.9-52.6	0.51-1.01	nill	0.023-0.088	43.16-43.18	0.06-0.08	2.478	2.115	0.047

Table (4)

Effect of Silica Content on Mechanical Properties (Tura area)

No. of samples tested	of SiO_2 Av. %	Av. Ultimate strength psi	Av. Young's Modulus psi	Remarks
12	5.6	3695	12.9×10^5	High SiO_2 content.
10	1.6	1800	1.72×10^5	Low SiO_2 content.

factor will be investigated in order to get a better understanding of the different strength parameters.

IV. Experimental Data :

Data obtained from the compression tests were tabulated and the respective stress-strain behaviour were plotted. Examples are shown in Figs. (2,3). Data were treated by computer programing and results of analysis were discussed.

V. Results and discussions :

V.I. Anisotropy of Limestone and its Impact on the Mechanical Behaviour :

Results of the show that there is a distinct effect of the anisotropic nature of Limestone rocks on the obtained deformation curves as shown in figs (4,5). Although the curves seem to follow the same trend, they indicate that the numerical values of elastic parameters differ in magnitude. The order of

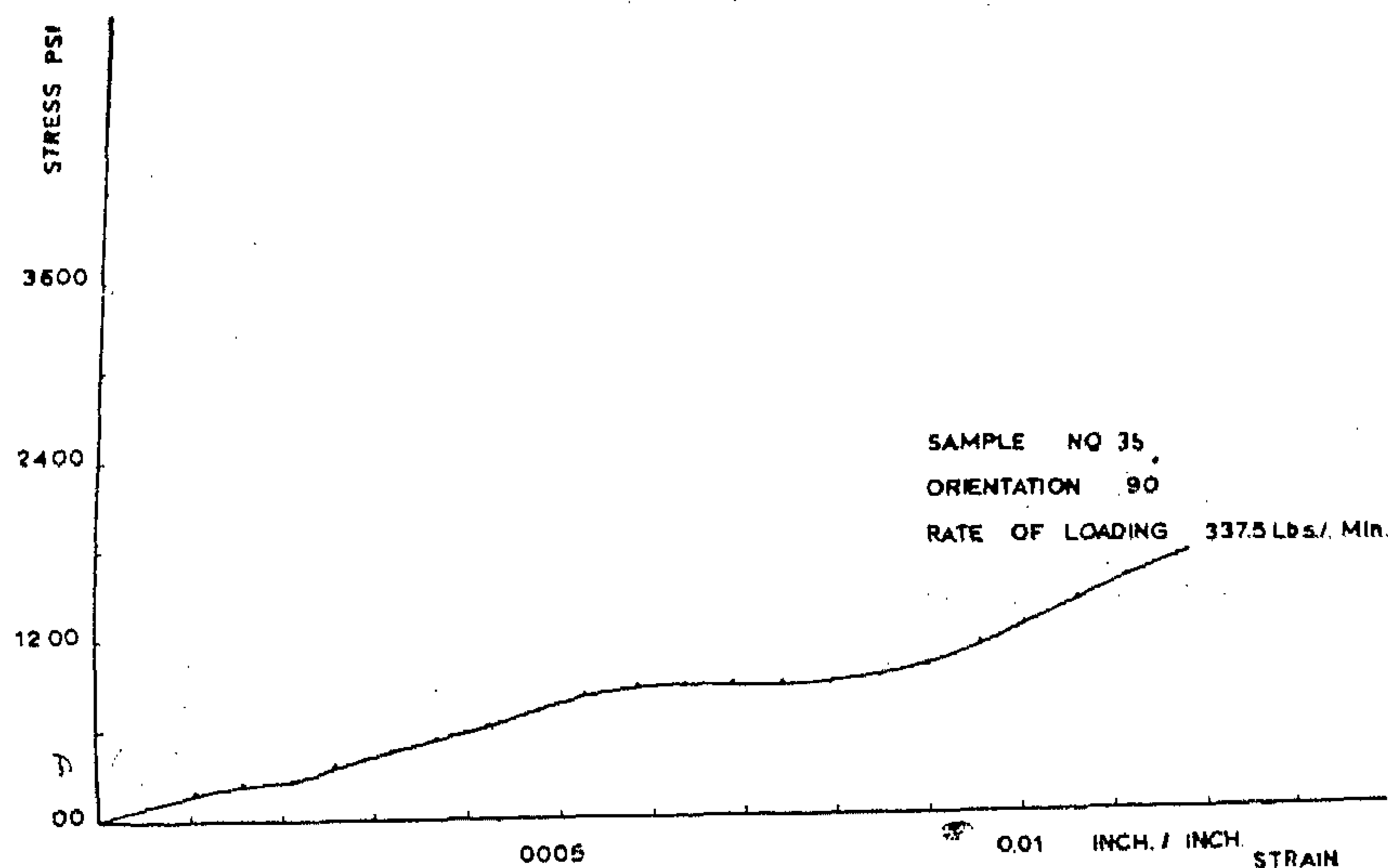


Figure 2 : Experimental stress-strain relationship.

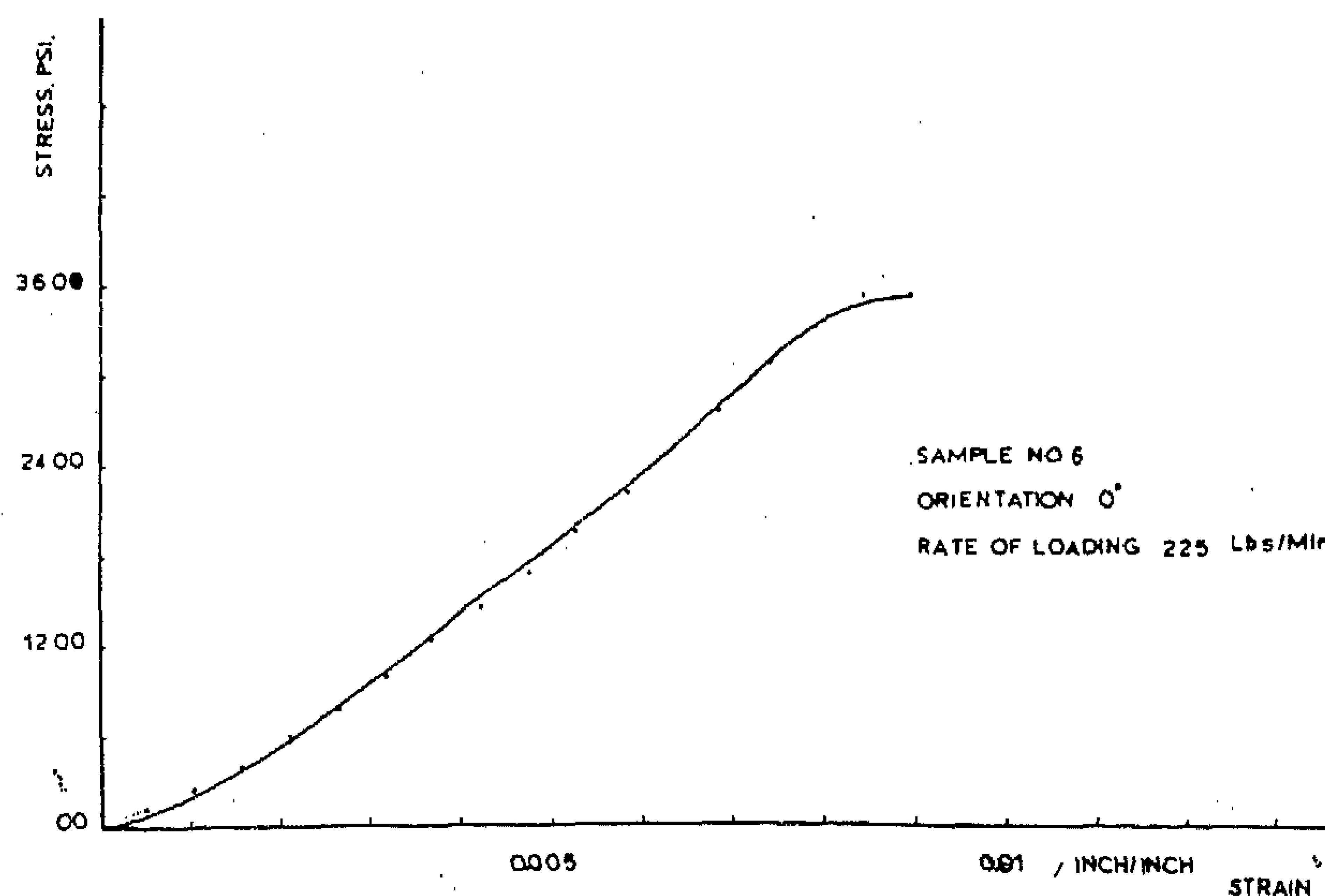


Figure 3 : Experimental stress-strain relationship.

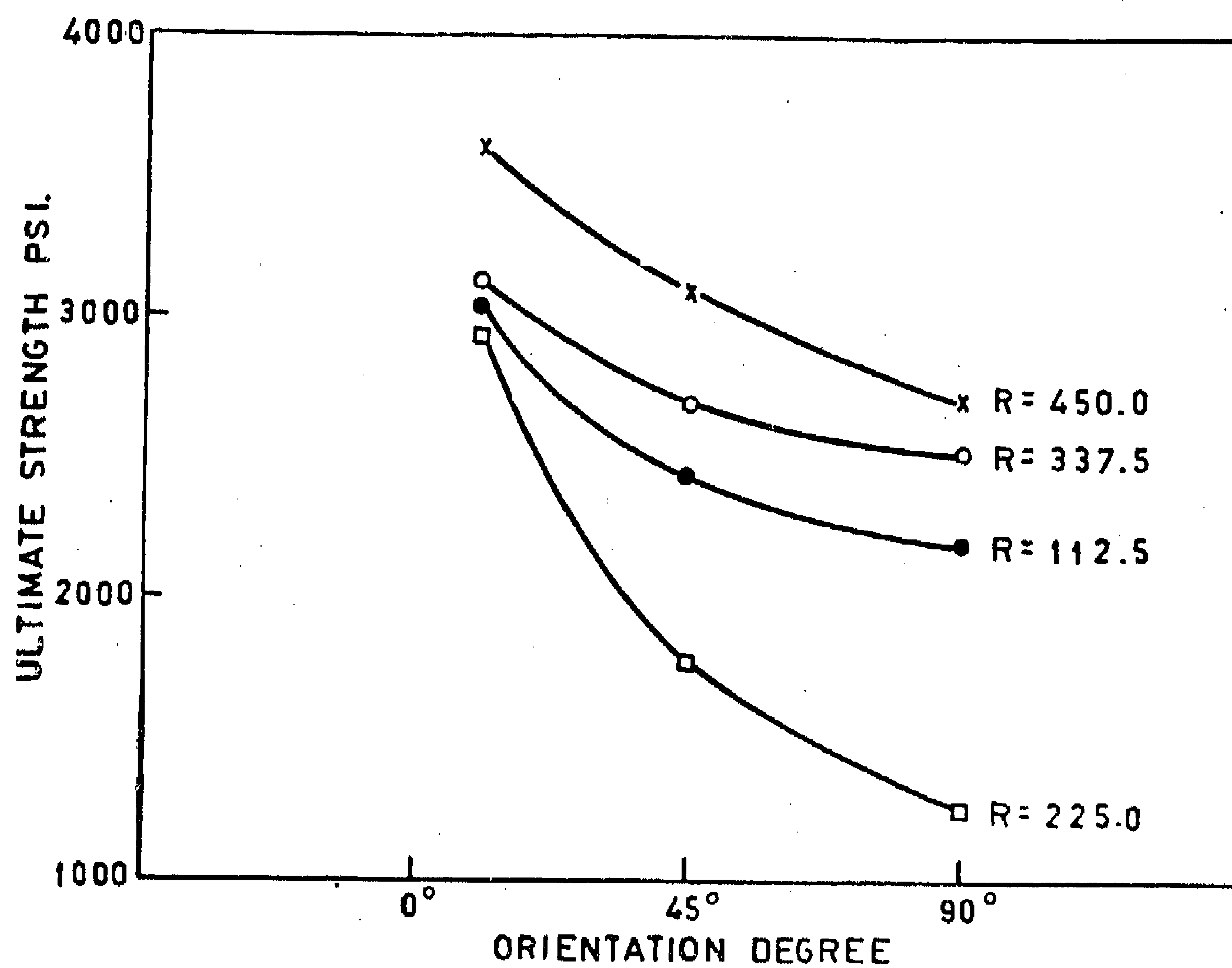


FIG.(7) EFFECT OF ORIENTATION ON THE ULTIMATE STRENGTH (REFAI ARIA)

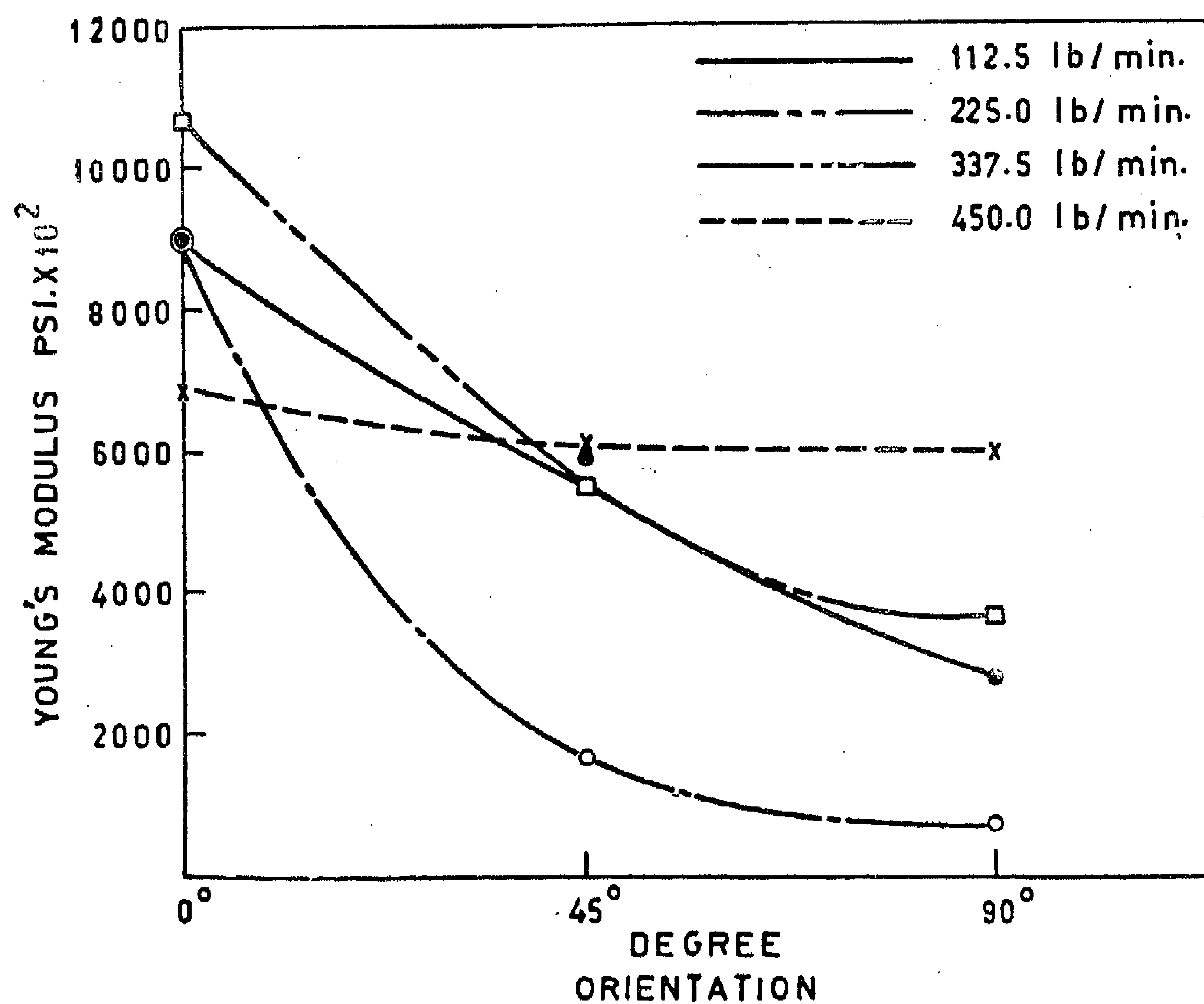


FIG. (8) VARIATION OF YOUNG'S MODULUS WITH RESPECT TO ORIENTATION (TURA ARIA)

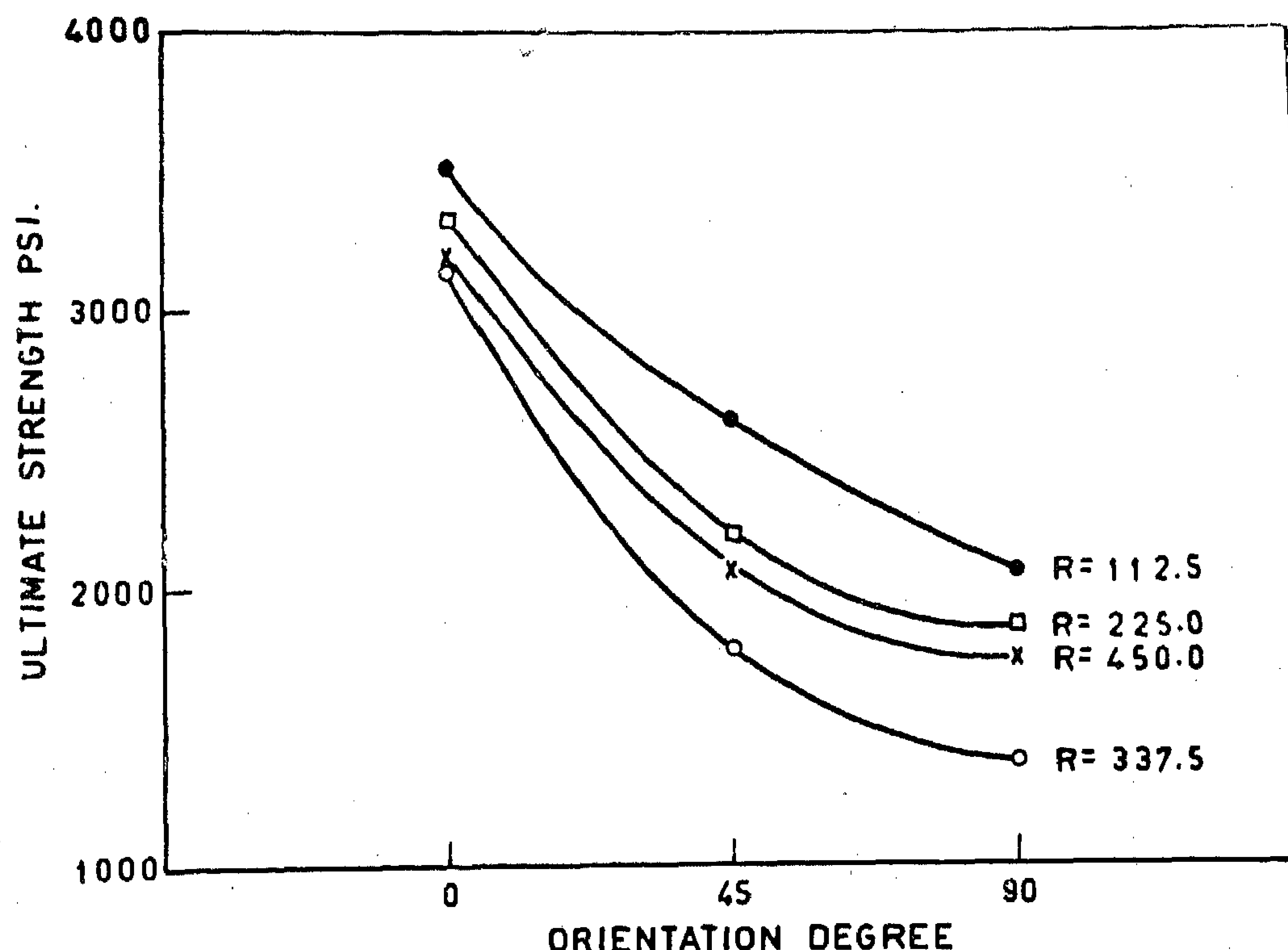


FIG.(6) EFFECT OF ORIENTATION ON THE ULTIMATE STRENGTH (TURA ARIA)

Figs. (6,7) show also that the ultimate strength is inversily proportional with the magnitude of orientation and irrespective to the loading conditions. It is of interest to note that in case of samples with no pronounced variation in lithology i.e. anisotopy is the major factor affecting the behaviour, the uniaxial ultimate strength, with the load applied in the direction of the bedding plane i.e. 0° orientation is greater than that of the samples tested with the load applied in the direction of 45° with the bedding. The latter is greater than the 90° direction.

The elastic parameters, represented by the modulus of elasticity, for samples taken from Tura area show a trend to be inversily proportional with the degree of orientation irrespective to the loading conditions. This is clearly shown in Fig. (8). For samples taken from Rifai area, this trend is not followed. Fig. (9) show different behaviours for different orientations. This may be due to the influence of the large number of fossil fragments present.

The degree of anisotropy of Egyptian Limestone of both areas can be quantitatively represened by the change in the magnitude of elastic parameters for different orientation as in Tables (1,2).

Table (1)

Order of Magnitude of Limestone Anisotropy (Tura area)

Ratio	Mix. magnitude	Min. magnitude	Remarks
E_0/E_{45}	1.04	1.28	
E_{45}/E_{90}	2.04	5.98	$E_0 > E_{45} > E_{90}$
E_{90}/E_0	0.47	0.13	

Table (2)

Order of Magnitude of Limestone Anisotropy (Rifai area)

Ratio	Mix. magnitude	Min. magnitude	Remarks
E_0/E_{45}	0.84	0.53	Fossil fragments
E_{45}/E_{90}	0.97	1.29	have a great
E_{90}/E_0	1.22	1.45	influence on the behaviour.

magnitude of the variation of these values can not be neglected in the practical applications.

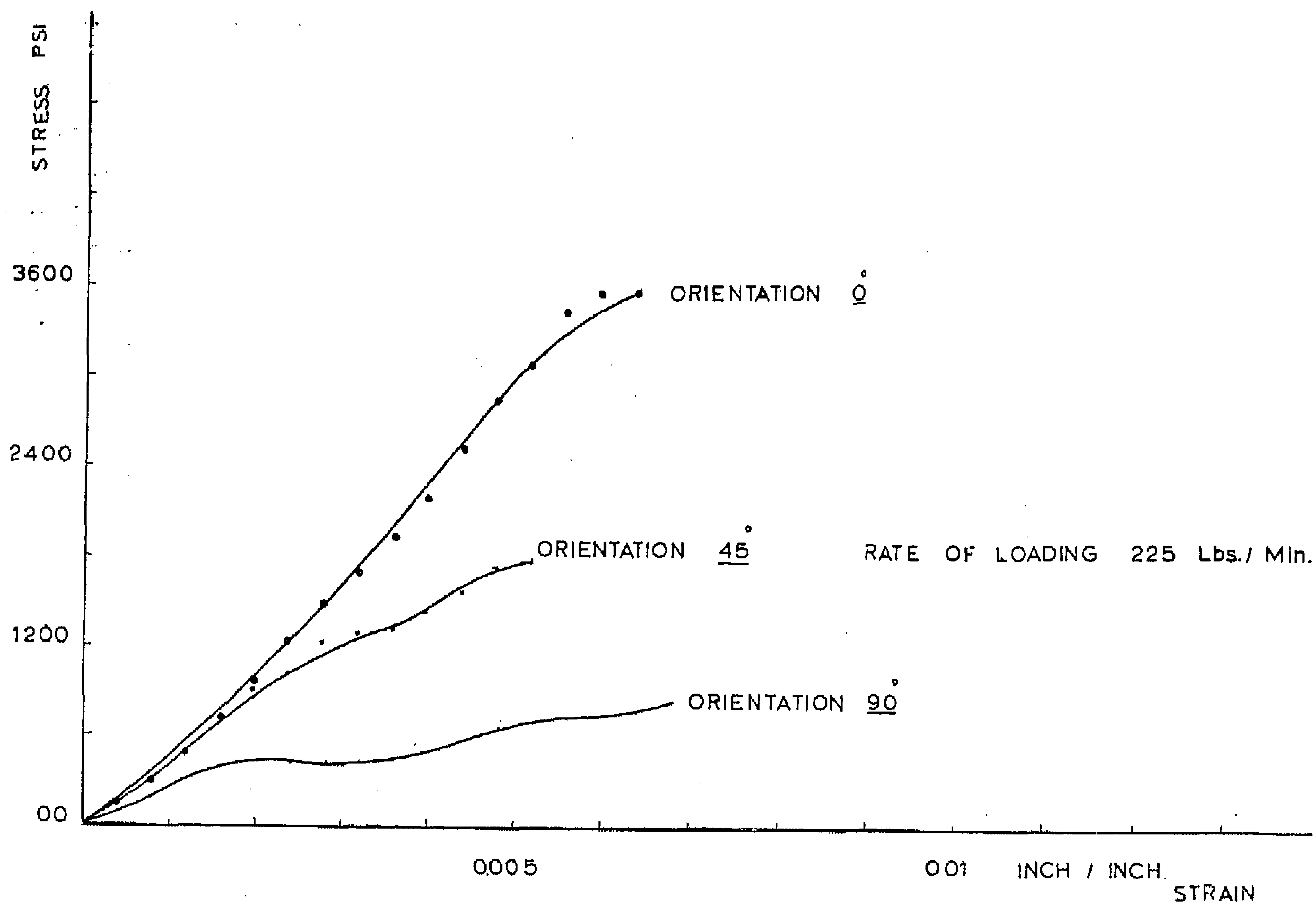


Fig. (4)

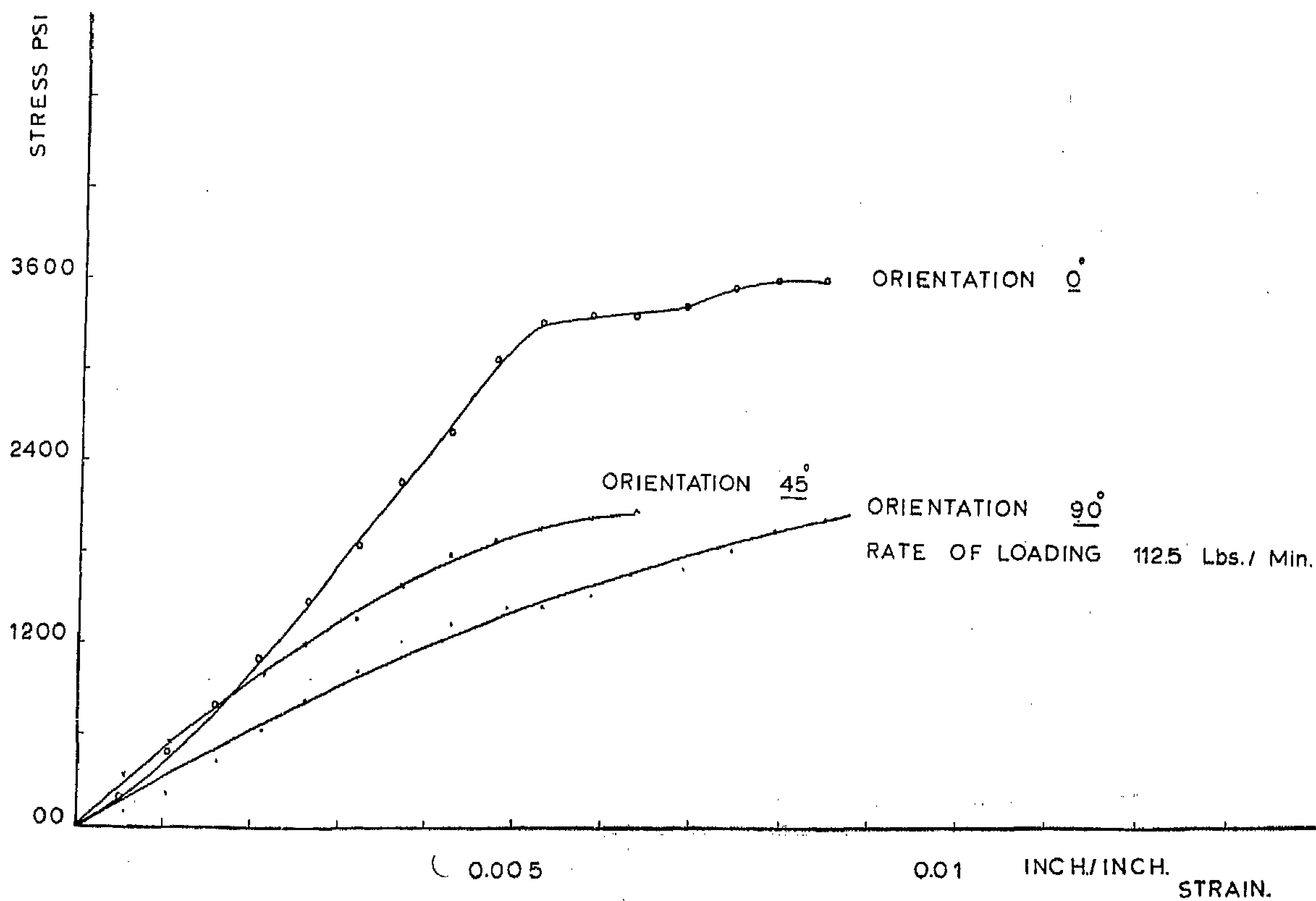


Fig. (5)

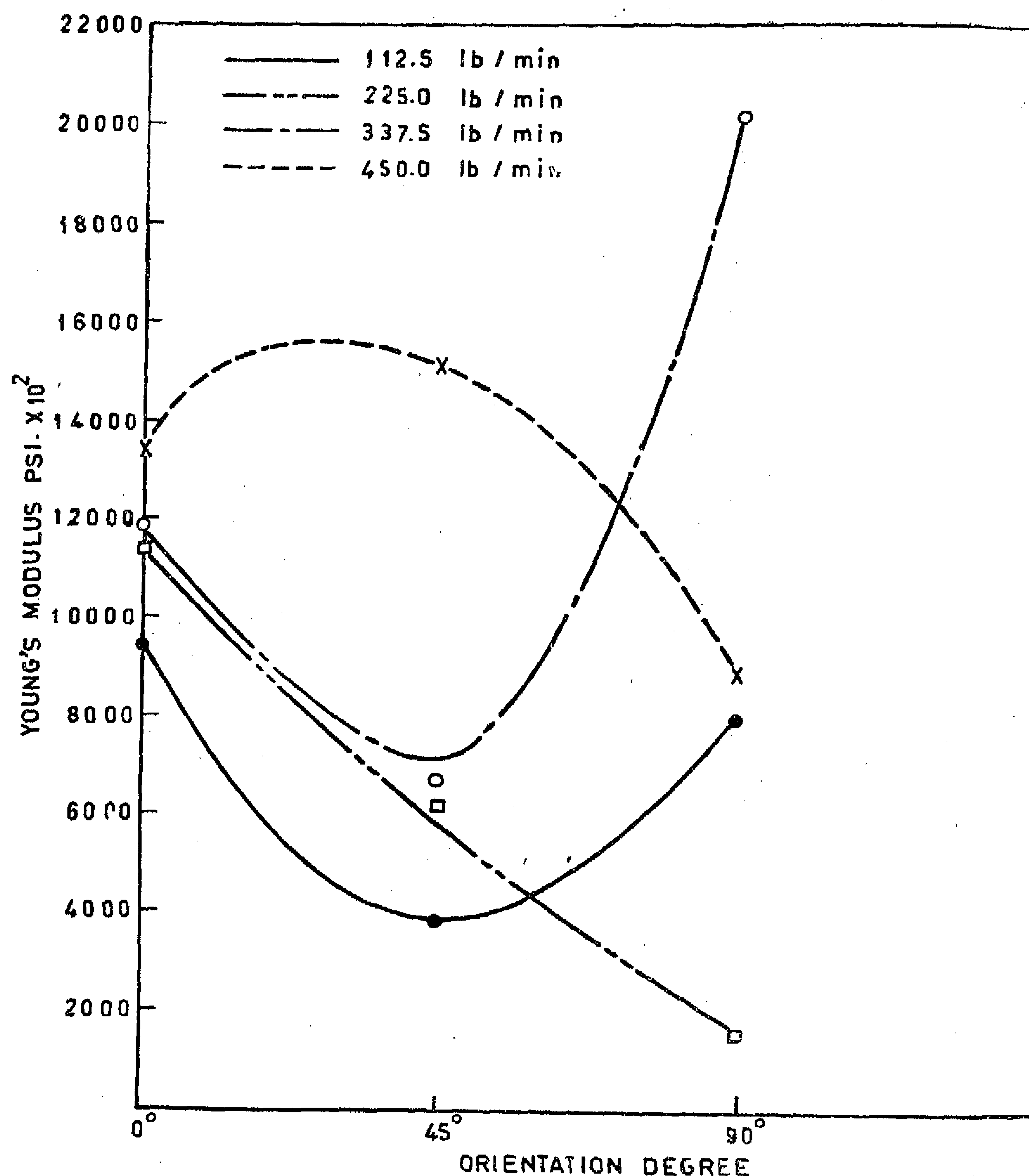


FIG (9) VARIATION OF YOUNG'S MODULES WITH RESPECT TO ORIENTATION (RIFAI ARIA)

Plate (I), illustrates another fact concerning the link which may throw some light on the possibility of having a relationship between the mode of failure of the tested samples and their orientation. One of the characteristics of this observation is that the angle of plane of failure increases with increasing degree of orientation, and that the common mode of failure is in the form of intrusion fractures. This trend is generally clear for samples of 0°, 45°, 90° orientation respectively. Another form of failure mechanism observed is the shear fracturing on a plane inclined at an angle varies from 30° to 60° with the direction of the maximum applied compressive stress.

Some samples show also noticable different results from those obtained for the same locality, orientation and loading conditions. This phenomena suggests other factors to be considered, mainly, the variation in lithology such as silica content, grain size, and fossil fragments.

III.3. Test Procedure :

Rock specimens C were placed between the two moving parts A and B of the compression machine shown in Fig. (1). Axial load was then uniformly applied on its section, and the rate of loading was automatically controlled.

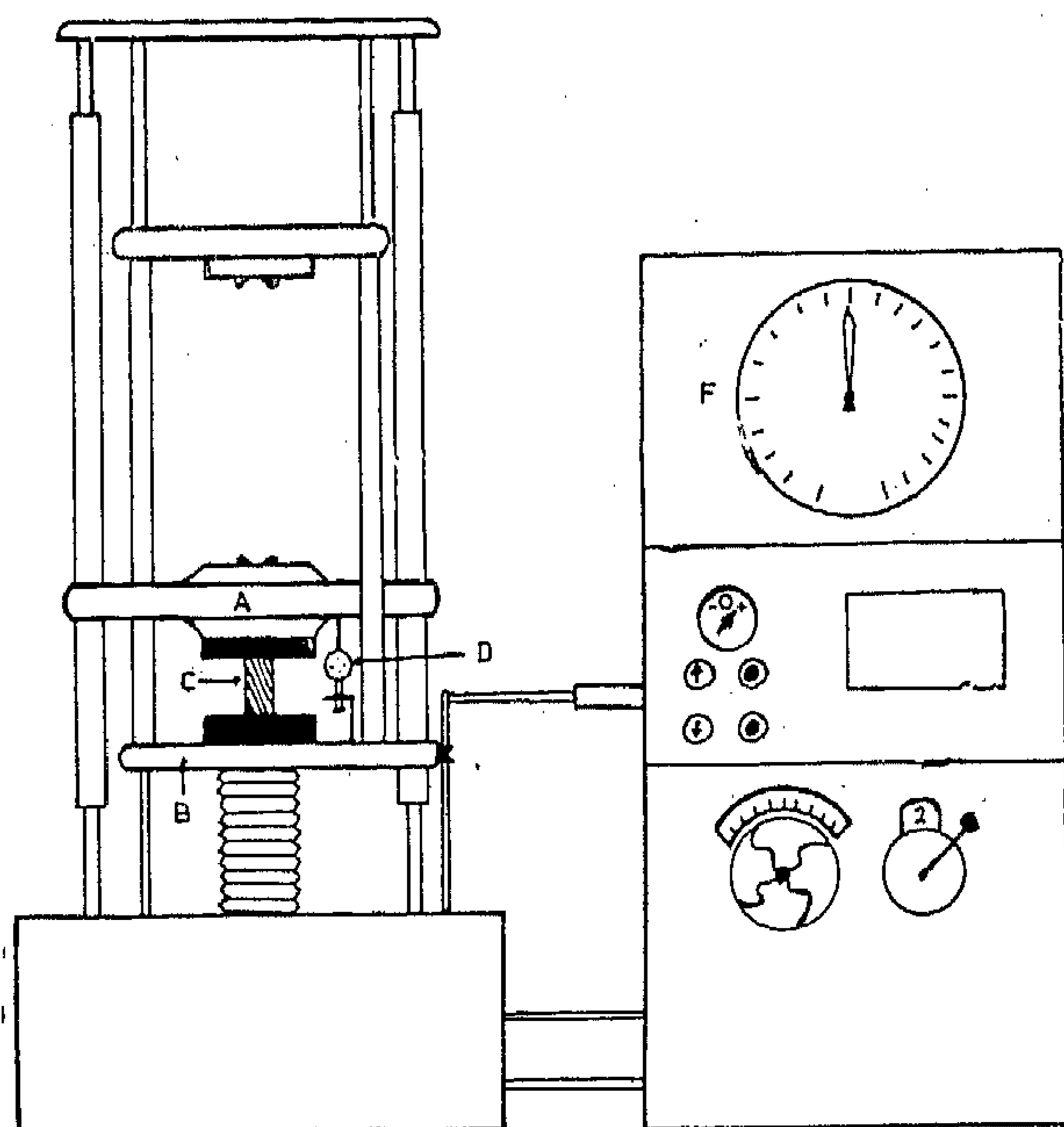


Fig. (1) TESTING MACHINE

The axial force was being recorded on a graduated scale F, and the specimen shortening was measured by a dial guage D of 0.01 mm. accuracy, mounted on the part B of the machine.

In most experiments, run by the authors, the stress was increased until failure occured. (Failure signifies loss of strength both by breaking and by yielding).

III.4. Factors Considered in the Experimental Work :

The following are the main factors taken into consideration in the experimental program, to the authors other factors are of less importance to be included in this stage of study.

a. Anisotropy of Limestone Rocks :

The condition of isotropy, generally assumed in theoretical stress analysis, is not satisfied in material of the earth's crust. Most rocks in the upper crust are characterized by some types of foliation and thus are distinctly anisotropic. Rocks that show some sort of anisotropy such as bedding, gniess i.e. banding foliation, schistosity, and cleavage, or obvious differences in composition, grain size or shape, porosity cementation and other characteristics may be expected to have distinctive strength and deformational properties.

It should be noted that even where compositional and other characteristics are sufficiently uniform for rock sequence to be considered reasonably homogeneous, the presence of the bedding surface or other foliation can have clear effects on their strength properties as has been shown in the very little reported work (8). Accordingly, one should expect that the anisotropic nature of limestone rocks has a very pronounced effect on its strength properties and consequently the values of the different modulii and parameters which define these properties. It also affects the failure mechanism and the fracture strength as well as the ultimate strength.

b. Petrological Composition :

Not only are mechanical properties of the limestones much affected by the mineralogical constituents of the rock, but also its failure mechanism. According to their formations Egyptian limestones have different cementing material. These materials have been shown in the chemical and petrographical studies carried out by Kabesh (5), but still their influence on strength properties should be investigated.

c. Rate and Magnitude of Loading :

Almost all the reported investigations (9) carried out on foreign limestonees showed that the rate of loading influences the deformation behaviour of limestone. Hence this

nection with their utilization in building and construction.

Experimental studies to evaluate the characteristics and properties of limestone rocks and other building stones were started by the attempts of Kecting (1), in 1913. He carried out some investigations which led to the evaluation of some properties of the building material in Egypt including limestones, but he gave more interest in the sandstones.

Some recent investigations on Egyptian limestone rocks and their related carbonates have been carried out by other workers. Their studies have been oriented to serve special purposes of industrial projects. Mining and Quarries Department (4), carried out a general survey of the Egyptian limestone formations and some tests have been done to evaluate its physical properties, especially specific gravity and water absorption. Kabesh and Hamada (5), reported a survey of the chemical assay of each locality of limestone deposits which extend from Gebel El Giyushi to south of Helwan. They found that the silica content varies from 0.5 % to 18 %, and the lime content from 48 % up to 55 % equivalent to calcium carbonate of 89.7 % and 98.26 % respectively. "High Calcium" low silica limestones were found in more than one locality.

Zaataut (6), made some investigations on the dolomitic rocks of the estern cliff of Gebel Ataqa to prospect for the dolomitic rocks used mainly in iron and steel industry. His reported field work and chemical analysis proved the presence of such rocks in relatively immence quarriable quantities. Further studies on the dolomitic limestone rocks have been reported more recently by Girigis, (7). He studied the geological characteristics, properties and metsomatic changes of calcareous rocks of Abu Rawash area. Moreover, he made a detailed study of the stratigraphy and lithology of the Cenomanian and Turonian sedimentary rocks in the area with an attampt to describe the depositional history of these rocks in the light of modern concepts of sedimentation.

Due to the importance of limestones as a source of building material and for its industrial uses as in cement, iron and steel ... etc. Building Research Institute at Cairo is planning to start a project in order to study the mechanical and physical properties of all the building stones including limestones and put forward reliable values for their strength constants.

It is very clear that none of the reported studies about the building stones in general, or about Egyptian limestone rocks which are of special interest to the authors, is to be considered complete. None of the previous investigators attempted to evaluate the mechanical properties or failure mechanism of Egyptian limestones.

III. Sample selection and specification :

III.1. Collection of Samples from the Field :

Samples of limestones were taken from the unweathered part of the faces of the two quarries. Sampling was carried out in a way such that they may be considered representaable for the whole formation. Each sample was marked to show the bedding direction and its location.

III.2. Preparation of Specimens for Testing :

In all previous studies of compression or extension of rocks, specimens have the shape of a right circular cylinder, the ratio of length to diameter are varied from 2.0″ to 1.0,″ or 3.0″ to 1.0.″ For our purpose the collected samples were passed through two stages in order to be prepared for testing. In the first stage, rectangular specimens were cut from the bulk samples by a disk cutting machine, in such a way that the longest axis is inclined at angles 0°, 45° and 90° to the direction of the bedding plane. In the second stage, the rectangular blocks of each direction were then shaped into their cylinderical form by milling machine.. Then they were ground at both ends to form perfect right circular cylinder of length 2.0″ and of diameter 1.0.″

STRENGTH PROPERTIES OF EGYPTIAN LIMESTONES (Part I)

By

HASSAN, F. IMAM,+ and MOHAMED, I.S. AHMED++

ABSTRACT :

More than 120 uniaxial compression experiments have been performed on the Egyptian Limestone to determine its mechanical behaviour as a function of sample orientation with respect to bedding plane, petrology, variation in lithology as well as the fossil content.

Data for all stress-strain curves are summarized, all of them are plotted and compared for the environmental variables and test conditions. From these, plots of variation of ultimate strength, elastic parameters are derived and plotted as a function of sample orientation and rate of loading. The mode of failure and its characteristics have been recorded and discussed.

I. Introduction :

Present investigation deals essentially with Egyptian Limestone formations at Tura area and Gebal Refai. The primary objective aims at studying the mechanical properties of limestone rocks which are utilized in construction, building and various engineering purposes. Besides, a brief discussion of the mechanism of failure under uniaxial loading conditions is given.

The present experimenetal study of the mechanical properties of Egyptian limestone comprises, in conjunction with the physical properties, the following parameters :—

1. Mechanical anisotropy.
2. Petrographic characteristics and fossil content.
3. The magnitude and rate of loading of the applied uniaxial stress.

The primary effort was directed towards the correlation of the above parameters to define, to certain degree of accuracy, their relative importance in the formulation of the mechanical behaviour, magnitude of elastic parameters and mechanism of failure.

II. Review of studies on egyptian limestones:

Studies on limestone rocks in Egypt are, rather rare. Few workers had previously contributed to our knowledge on Egyptian limestone formations and related carbonate rocks. However limestone rocks have been studied from various ponts by those investigators.

Geullardot (1), in 1973, carried out some work on limestone formation in vicinity of Cairo. His study was merely a survey of its formations and locations where they are outcropping. Lucas (2), in 1902, was concerned in studying the disintegration of the building stones of Egypt. His work included the mechanical analysis of some limestone rocks and pointed out that its chemical disintegration was an important factor. Accordingly, it should be taken into consideration when these rocks are to be used. Hume (3), in 1910, carried out another reconnaissance survey of the limestone outcropping in Upper-Egypt in con-

---

+ Lecturer of Rock Mechanics, Faculty of Engineering, Cairo University.

++ Researcher Assistant. National Research Centre, Dokki, Cairo.

In case of dry grinding B = 1.5 and we get :

$$E = \frac{t}{M_o} = 28.25 \, . \, k^{-1.5} \quad \text{.................. VIII}$$

and in case of grinding in liquid medium we get;

$$E = \frac{t}{M_o} = 28.25 \, e^{-0.675 \rho} \cdot k^{-(0.45 \rho + 0.25)} \quad \text{... IX}$$

where E represents the energy expended in comminution in minutes per kgrm. of the material to be ground.

Conclusions :—

The distribution modulus 'a' decreases with increased size reduction in dry grinding operations. In case of grinding in liquid medium, the distribution modulus increases with increased size reduction.

The grindability is not affected by the fluid viscosity but it increases with the increase of the fluid density. The grindability 'G' for a material being ground is represented by the equation :

$$G = k_1 \, . \, e^{m_1 \rho} \quad \text{............................. X}$$

The values of k_1 and m_1 are determined for the material to be ground under certain conditions of operating the mill and using fluids of different densities.

The energy expended in comminution 'E', is dependent upon the grindability 'G' and size modulus 'k'; and can be represented by the general equation :—

$$E = \frac{t}{M_o} = \frac{1}{G} \, . \, k^{-(a + \gamma)} \quad \text{.................. XI}$$

For dry grinding the deviation exponent 'γ' has a positive value and (a + γ) can be determined from equation (XI).

For wet grinding the deviation exponent 'γ' has a negative value which varies with the time of grinding and density of the liquid used in grinding; however, the value of (a + γ) varies with the density of the liquid used in grinding and the grinding conditions.

The value of (a + γ) in wet grinding is derived from the general equation;

$$a + \gamma = m_2 \, \rho \, \text{liquid} + k_2 \quad \text{........... XII}$$

in which the values of m_2 and k_2 are determined for the material to be ground under certain conditions of running the mill and using two liquids with different densities.

REFERENCES

1. A.F. Taggart : Handbook of Mineral Dressing, John Wiley and Sons Inc., New York, 1945, pp. 6 — 15.
2. H.E. Rose and R.M.E. Sullivan: Ball, Tube, and Rod Mills, Chemical Publishing Co., New York, 1958, p. 30.
3. Schuhmann, Jr., R., AIME TP 1189, Mining Technology, July 1940.
4. Charles, R.J., Trans. AIME, 208, 80, (1957).
5. D.W. Fuerestenau and D.A. Sullivan, Jr., Trans. AIME, 220, pp. 397-402, 1961.
6. Crabtree, D.D., Kinasvich, R.S., Mular A.L., Meloy, T.P. and Fuerestenau, D.W., Trans. AIME, 229, pp. 201-207, (1964).
7. Schuhmann, Jr., R., Trans. AIME, 217, p. 22, (1960).

TABLE (3)

'a', 'B' and "γ" for grinds with different fluids and for different times.

Time of Grinding (Min.)	FLUID									
	Air		Water		Aq. Glycerol		Kerosine		C Cl_4	
	B = 1.5		B = 0.69		B = 0.775		B = 0.62		B = 0.95	
	a	γ	a	γ	a	γ	a	γ	a	γ
5	1.095	+0.405	1.000	−0.310	0.95	−0.175	0.960	−0.340	1.025	−0.075
10	0.987	+0.513	1.115	−0.425	0.96	−0.185	1.085	−0.465	1.330	−0.38
20	0.910	+0.590	1.260	−0.570	1.13	−0.355	1.200	−0.580	1.300	−0.35
30	0.692	+0.808	1.420	−0.730	1.32	−0.545	1.480	−0.86	1.430	−0.48
Liquid density (grm/cm³)			1.0		1.195		0.8		1.56	

It is observed from the above table that the value of 'B' decreases as the liquid density decreases, which still adds to the effect of the fluid density on the energy expended in comminution. To illustrate this effect the plot shown the figure (7) is developed to relate 'B' with the liquid density, and is represented by the equation :—

$$B = 0.45\ \rho\ \text{liquid} + 0.25 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad VI$$

On the basis of the above mentioned findings the following equations are derived from the energy equation III.

$$E = \frac{t}{M_o} = \frac{1}{G} \cdot k^{-B} = 28.25\ e^{-0.675\ \rho}\ k^{-B} \quad VII$$

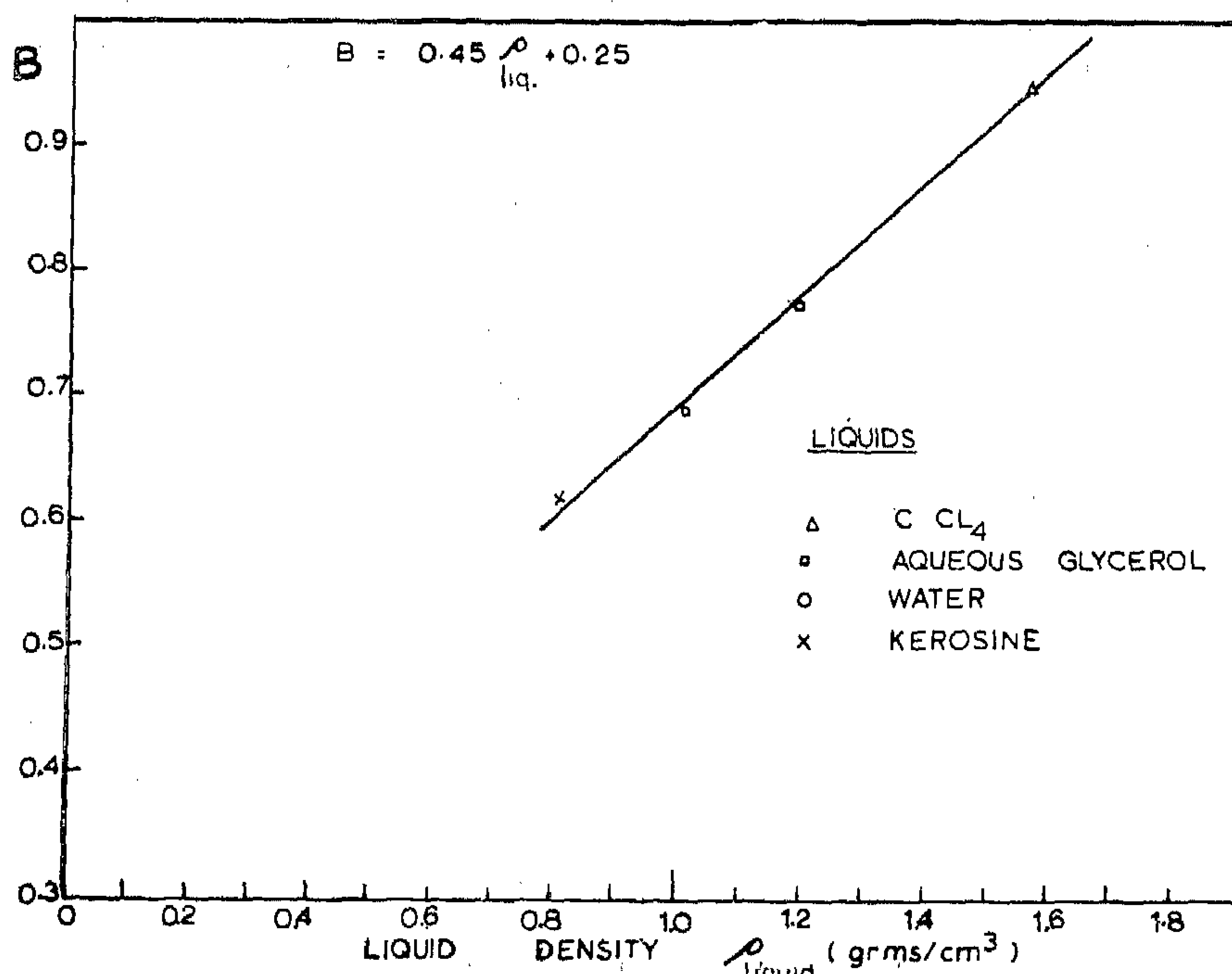


FIGURE 7. B VERSUS LIQUID DENSITY.

ulus 'k' with the time of grinding devided by the mass of material in the mill, $(\frac{t}{M_o})$, for the different fluids. It is observed that each fluid is represented by a straight line, which agrees with the energy equation (III); but it should be noted that the values of the constant 'A' and exponent 'B' differ from one fluid to the other, which is attributed to the difference in the fluids' physical properties. The value of 'A' is seen to decrease with the increase of the fluid density, having a maximum value with air, and a minimum value with carbon tetrachloride. It is also noticed that there is no effect for the fluid viscosity upon the value of 'A', because a 35 fold increase in the viscosity of the fluid from 70% aqueous glycerol to either water or carbon tetrachloride gives a value of 'A' which is intermediate between that of water and that of carbon tetrachloride, which in turn, can only be explained as a result of the difference in the fluids densities.

The effect of the fluid density on the value of 'A' is verified as we compare the values for kerosine, water, and aqueous glycerol; while if we take the value of 'A' for water as datum, we will notice that a 2.6 fold increase in the viscosity with kerosine gives a positive value whereas a 35 fold increase in viscosity with aqueous glycerol gives a negative value.

The reciprocal of 'A' is defined as grindability (7) 'G'. The larger the value of 'G', the more efficient the comminution is. Considering the results just discussed, we can state that the grindability 'G' increases with the increase of the fluid density. The plot shown in figure (6) relating the grindability 'G' with the fluid density, is represented by the equation :—

$$G = 0.0354\ e^{-0.675\ \rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad V$$

where

ρ is the fluid density in grm./cm³.

G is the grindability in kgrm./min.

It is also observed in this work that the value of 'B' in the energy equation (III) deviates from the value of the distribution modulus 'a' for the different fluids as shown in table (2). If we consider 'B' to be composed of two items 'a' and 'γ' as given by equation (IV), then we notice that the deviation exponent 'γ' varies for the different fluids. In case of dry grinding 'γ' has a positive value, whereas, in case of wet grinding (i.e.) grinding in a liquid medium 'γ' has a negative value. Table (3) shows the different values of 'γ' for the different fluids at variable times of grinding.

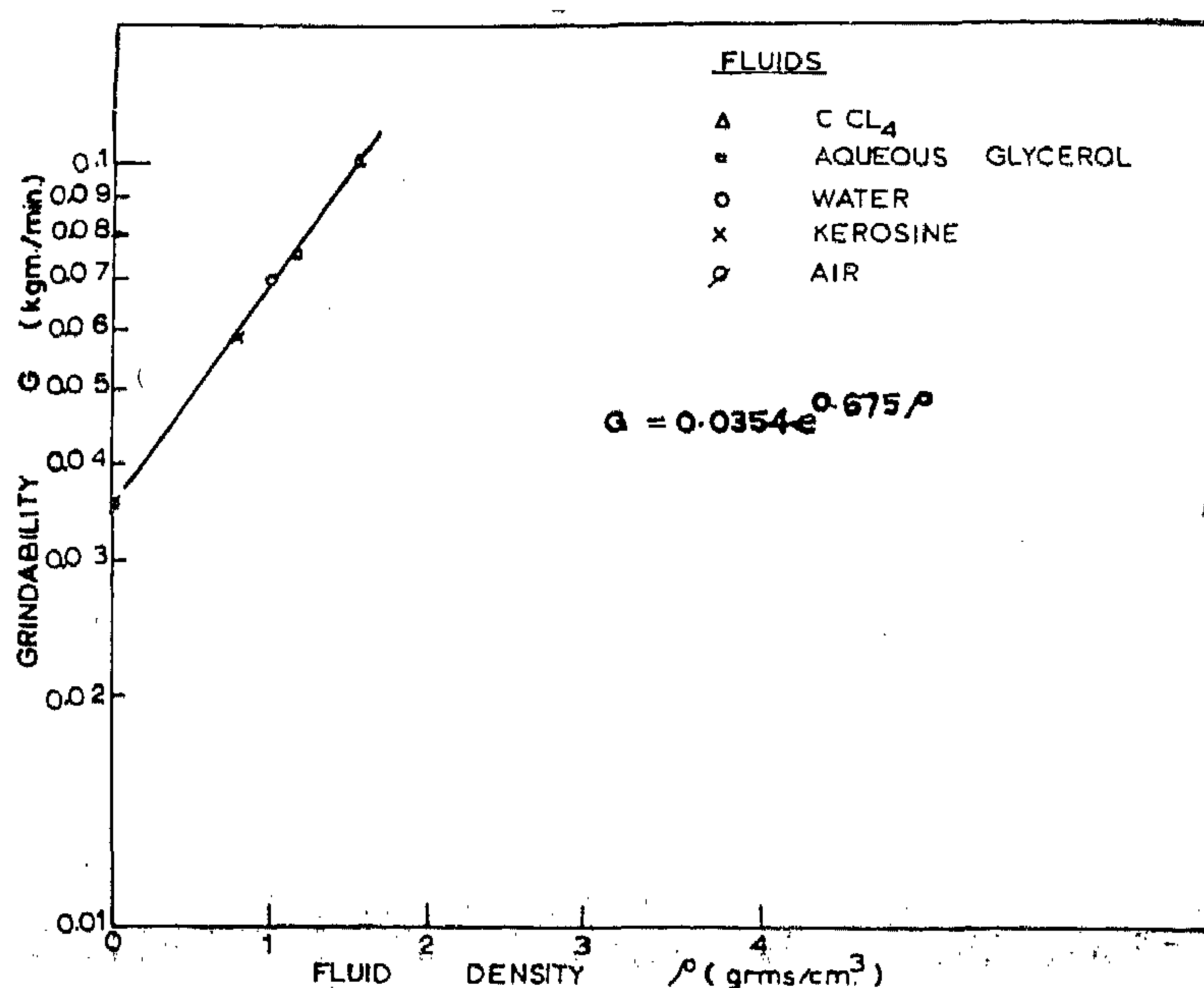


FIGURE 6. EFFECT OF FLUID DENSITY ON THE GRINDABILITY OF QUARTZ IN A ROD MILL

for aqueous glycerol and carbon tetrachloride in Fig. (1); and for air and kerosine with longer times of grinding that overcomes this effect of bridging and rectifies the fines ends of the curves in Figs. 1—4.

Again, we observe in Figs. (3,4) that the curves for aqueous glycerol and carbon tetrachloride show a greater fraction of fines than expected from Schuhmann distribution equation which is most probably a result of the extended time of grinding of the suspended particles in the heavier fluids.

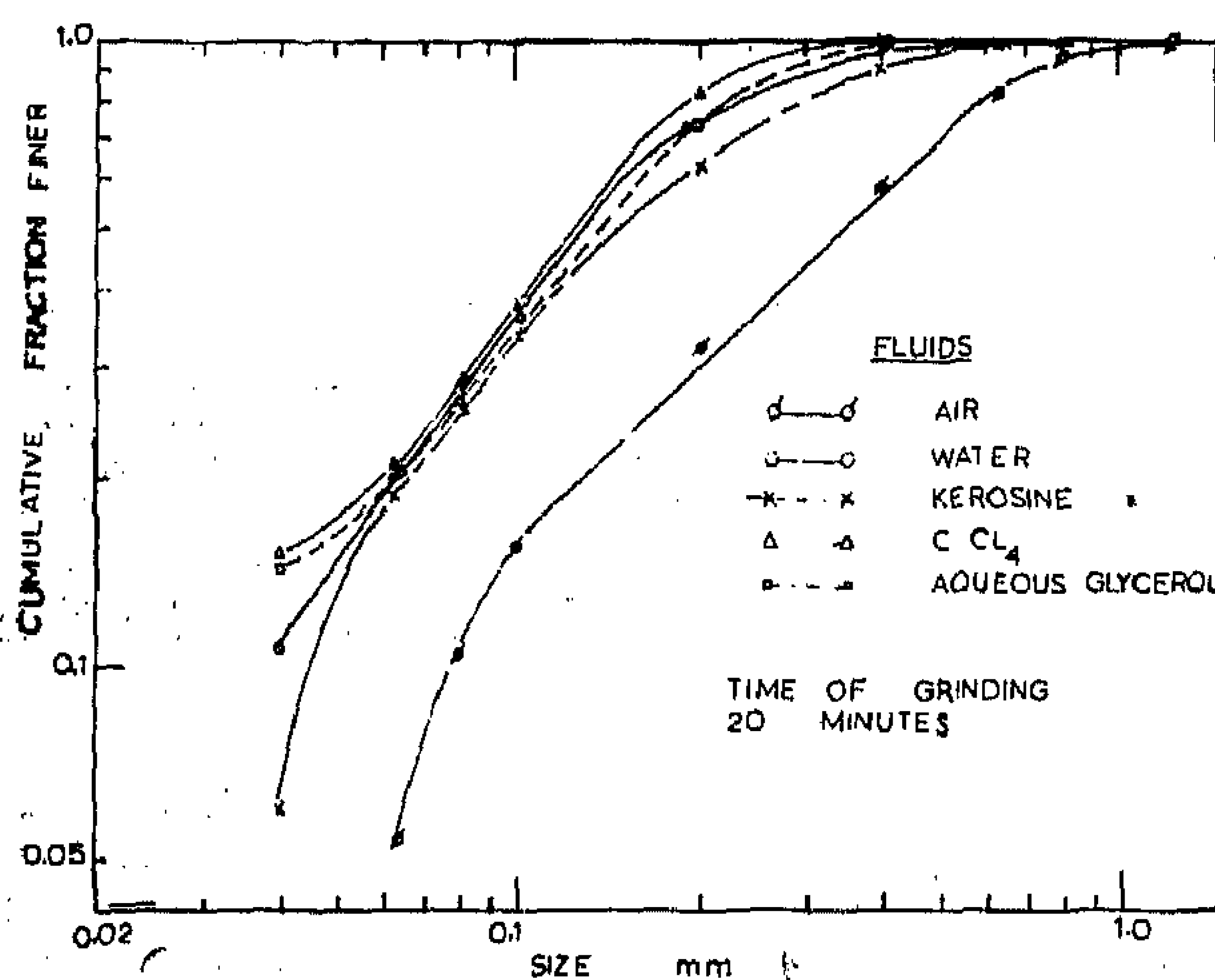


FIGURE 3. SIZE DISTRIBUTION OF QUARTZ GROUND IN A LABORATORY ROD MILL IN DIFFERENT FLUIDS.

It is observed from table (2) that the value of 'a' decreases slightly in case of dry grinding as the time of grinding increases from 5 to 30 minutes. Fuerstenau (5) has noted the same in his work and claimed that the coarser particles are protected by either being embeded in the dust with-in the mill or coated with a heavy dust layer. It seems that the fluidity of the suspensoid is responsible for the immigration of the broken particles to the suitable zone of the mill. In the case of dry grinding, in which the fluid is air, the immigration of the different particles to their corresponding zones is not dstinct as compared with the other heavier fluids. This will explain the fact that the graded mass of particles tends to expose the coarser particles to the grinding force, while the finer particles are protected within the voids; and hence, the relative low proportion of the fines as compared with the coarser fractions. With heavier fluids the distribution of the particles along the mill according to their sizes is more distinct. It will be noticld from table (2), that the value of 'a' in case of wet grinding with different fluids increases as the time of grinding increases from 5 to 30 minutes.

To study the effect of the physical properties of the fluids on the grindability, figure (5) was constructed correlating the size mod-

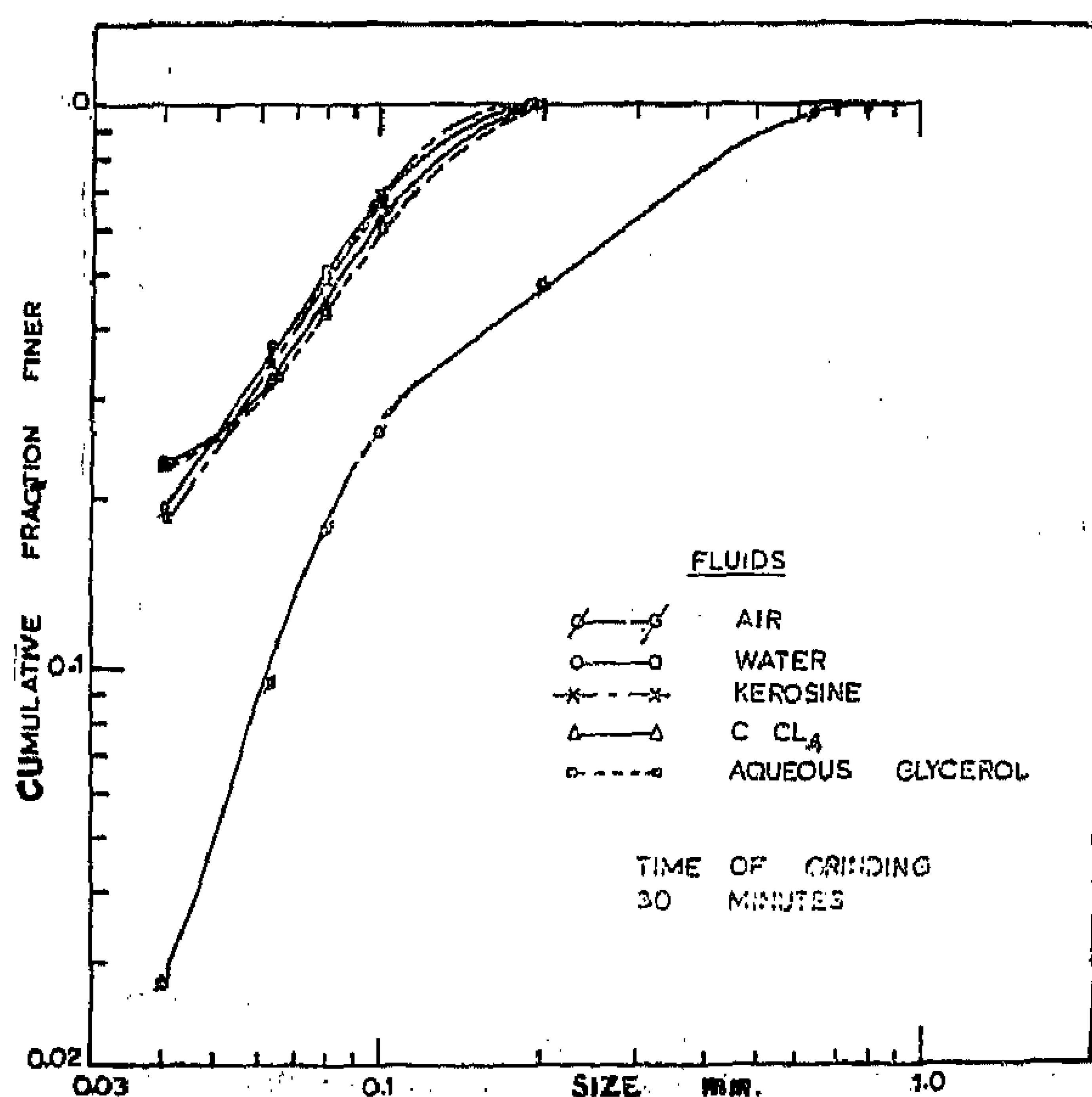


FIGURE 4. SIZE DISTRIBUTION OF QUARTZ GROUND IN A LABORATORY ROD MILL IN DIFFERENT FLUIDS

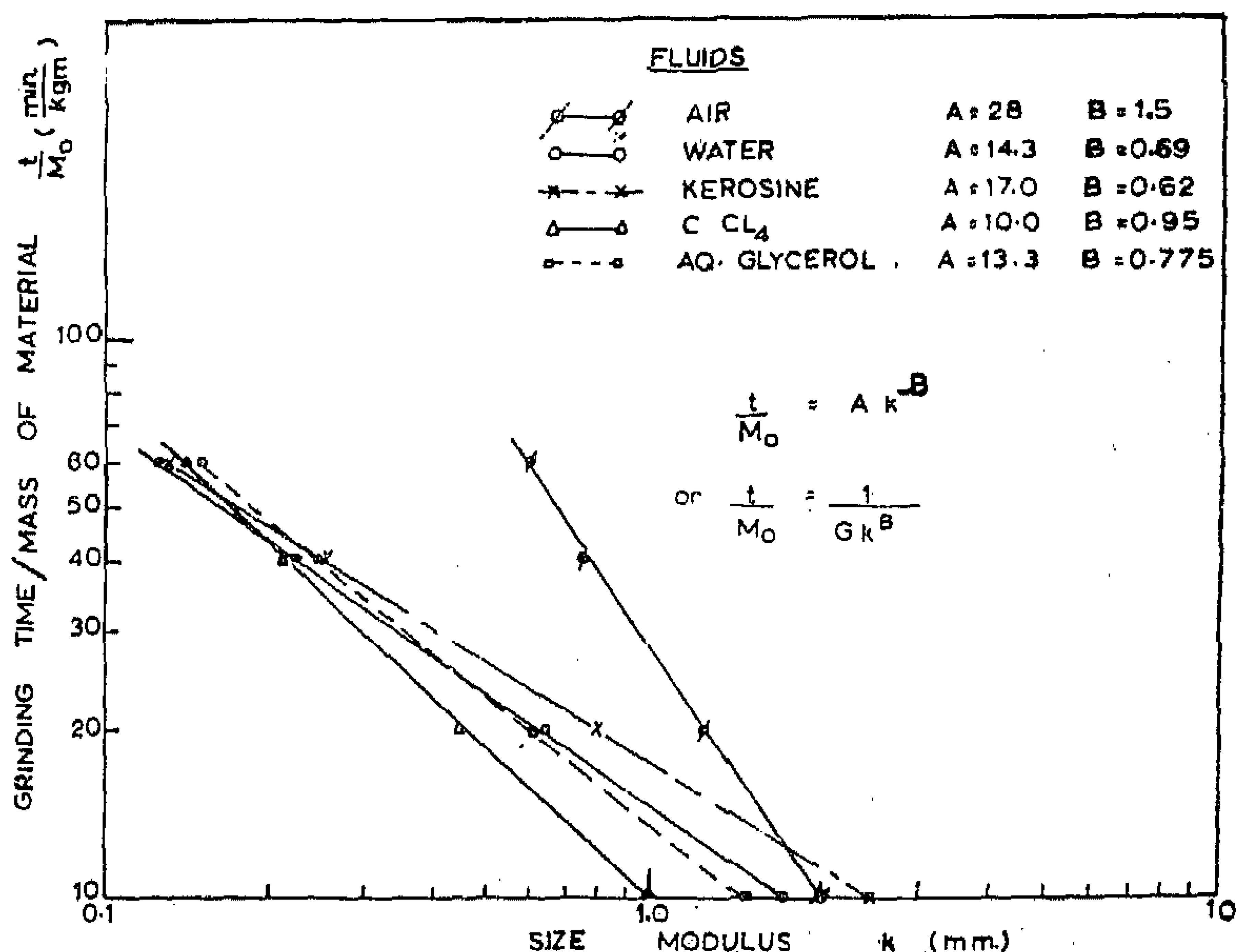


FIGURE 5. GRINDING TIME PER UNIT MASS IN THE MILL VERSUS SIZE MODULII OF QUARTZ

TABLE (2)

Variations of Size Modulii and Distribution Modulii with different Fluids at different Times of Grinding

Time of Grinding (Min.)	FLUID									
	Air		Water		Aq. Glycerol		Kerosine		C Cl_4	
	k	a	k	a	k	a	k	a	k	a
5	2.00	1.095	1.7	1.000	1.475	0.95	2.45	0.960	1.00	1.025
10	1.25	0.987	0.64	1.115	0.620	0.96	0.8	1.085	0.45	1.330
20	0.75	0.910	0.225	1.260	0.250	1.13	0.25	1.200	0.21	1.300
30	0.60	0.692	0.13	1.420	0.150	1.32	0.13	1.480	0.14	1.43
	B = 1.5		B = 0.69		B = 0.775		B = 0.62		B = 0.95	

The shape of the size distribution curve of the ground product of a comminution process depends on the relative proportions of impact, shear and abrasion. Crabtree et at (6) reported that single impact yields a product with a size distribution characterised by a Schuhmann distribution equation in which the modulus 'a' equals unity. Deviation of 'a' from unity is a result of abrasion and shear events. It will be noticed from Fig. (1) that the curves for air and kerosine show a distinct low fraction of fines. This is explained as due to the bridging effect of the coarser particles between the rods, thus protecting the finer fractions from overgrinding.

As the fraction of coarser particles dedecreases, this phenomena starts to deminish and finally the curve takes the normal theoretical trend as could be seen with the curves

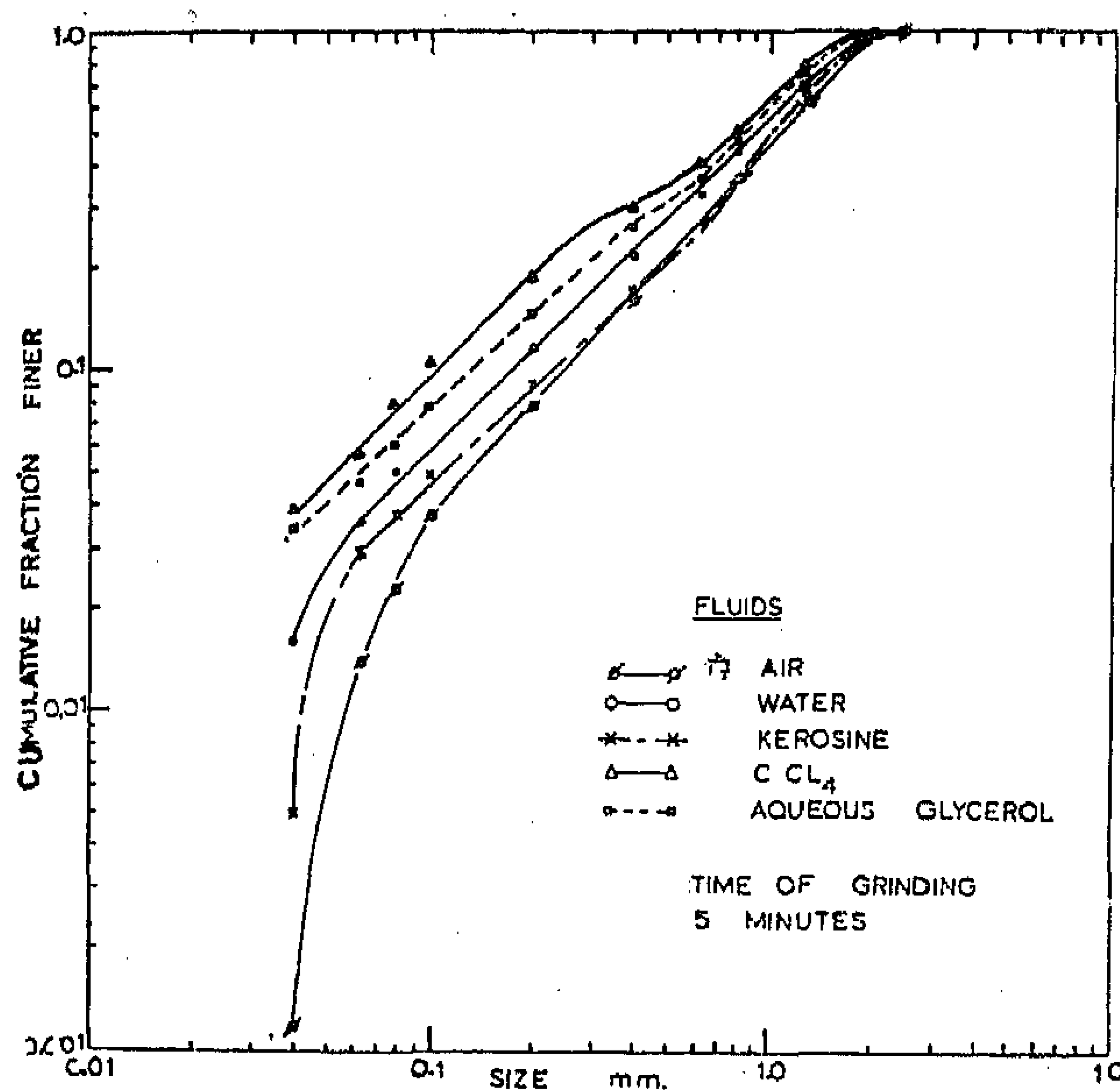


FIGURE I. SIZE DISTRIBUTION OF QUARTZ GROUND IN A LABORATORY ROD MILL IN DIFFERENT FLUIDS

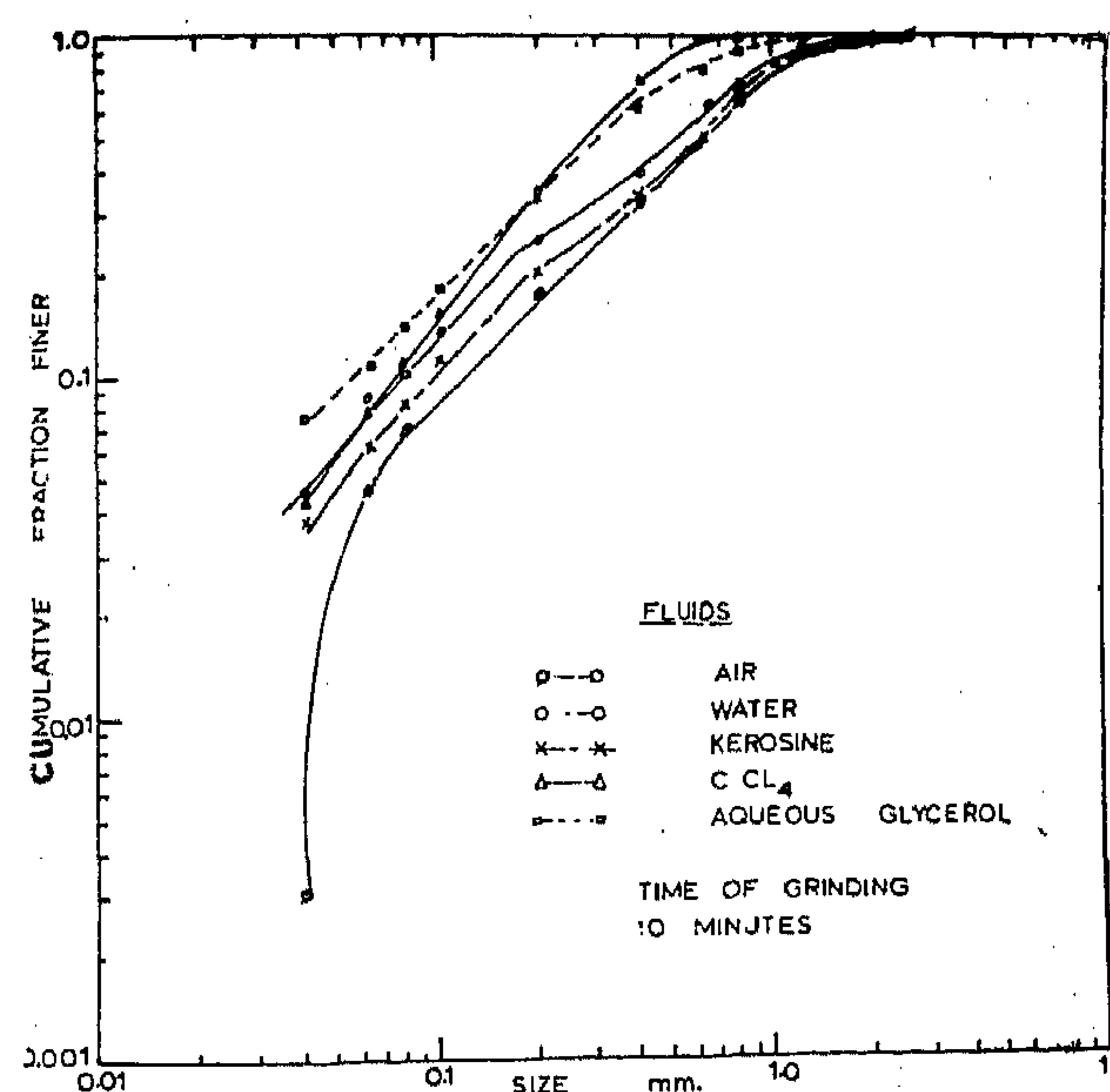


FIGURE 2. SIZE DISTRIBUTION OF QUARTZ GROUND IN A LABORATOR ROD MILL IN DIFFERENT FLUIDS.

that the exponent in the energy equation is less than 'a' if the material possesses distinct cleavage. That is, the energy — size reduction equation has the general from :

$$E = \frac{t}{M_o} = A\ k^{-B} \quad \text{III}$$

where

$$B = a + \gamma \quad \text{IV}$$

and γ is a deviation exponent, which may be either positive or negative in value. In the comminution of halite and galena, γ has a value of —0.41 and —0.18 respectively.

Fuerstenau et al (5) reported that in case of dry grinding the distribution modulus 'a' decreases slightly with increased size reduction, particularly in the comminution of hard materials; whereas the products of wet grinding are characterised by a constant value of the distribution modulus. They also reported a deviation of the exponent 'B' in the energy equation (III) from the value of the size modulus 'a'; for wet grinding the deviation exponent γ has a negative absolute value, whereas for dry grinding the deviation exponent γ has a positive value.

Experimental Data :—

The laboratory rod mill used, has a diameter of 18 cms and a length of 36 cms; and a constant speed of 52 rpm. This is a batch mill fitted on the discharge end with a rod retaining grid. Two sizes of rods were used, the first has a diameter of 1.54 cms., and the second has a diameter of 1.9 cms. and both sizes are 34.0 cms. long.

The material used was barren quartz from Wadi Karem, in the Eastern Desert of U.A.R. It has a specific gravity of 2.52 grm/cm^3. The sample was crushed in a jaw crusher and a set of rolls; and the fraction used was —2.5 + 1.25 mms.

Each batch contained 500 grms. of the head sample, with 9860 grms. of rods (10 rods of the first size and 6 rods of the second size); together with 1100 cm^3 of liquid, to maintain a pulp of 60% solids by volume.

The fluids used in the different tests were air, water, kerosine, carbon tetrachloride and aqueous glyceral. They differ in their densities and viscosities as shown in table (1).

The material was ground for different times of grinding with each of the different fluids; and the ground samples were then filtered, washed, dried, and then screen analysed.

Table (1) — Physical properties of fluids used.

Fluid	Density (Grm./cm)	Viscosity	
		Absolute (cp)	Kinematic (cs)
Air	0.0012	0.018	15
Water	1.00	1.00	1
Kerosine	0.80	2.60	3.25
Carbon Tetrachloride	1.56	1.00	0.64
Aqueous Glycerol 70%	1.195	35.30	29.50

Results and Discussion :—

The size distributions of quartz when ground in different fluids are shown in figures 1,2,3, and 4 for grinding times of 5, 10, 20, and 30 minutes respectively.

The size modulus, 'k', is determined by extending the linear portion of the curves to y = 1, and the distribution modulus, 'a', was determined from the slope of the linear portion. Table (2) shows the values of the moduli k and a, as determined from figures 1 — 4.

THE ROLE OF FLUIDS IN COMMINUTION

By

Dr. M.Z. HATHOUT[1], Dr. M.F. CHALABI[2],

and

Dr. M.M. ELGINDY[3].

ABSTRACT

Samples of Egyptian quartz were ground dry and wet in different fluids, in a laboratory batch rod mill. It is found that the distribution modulus (a) for dry grinding decreases slightly with increased size reducton; whereas, for wet grinding, the distribution modulus increases with increased size reduction. Grinding was carried out in a series of fluids varying in their physical properties; viscosities ranged from 0.018 to 35 centipoise and densities ranged from 0.0012 to 1.56 grm/cm^3. It is shown that the grindability is not affected by the fluid viscosity but it increases with the increase of fluid density. Equations are presented to express the effect of the fluid density on grindability, size distribution and energy consumption in dry and wet grinding.

It has been reported by previous investigators that dry grinding requires more energy than wet grinding. Taggart (1) estimated that power consumption in wet grinding ranges from 60 to 90 % of that required for dry grinding. Rose and Sullivan (2) noted the difference in the power required for wet and dry grinding, but they report that — on purely mechanical basis it is difficult to see any great difference in fundamental principles between wet and dry grinding, since dry grinding can be regarded as grinding in a fluid of low viscosity and lower density. This leads to the fact that either the viscosity and / or the density of the fluid is responsible for less energy consumption in wet grinding.

The ground material or mill product can usually be characterised by the Gaudin-Schuhmann (3) distribution equation :

$$y = \left(\frac{x}{k}\right)^a \qquad \text{I}$$

where y is the cumulative fraction of material finer than size x, 'k' is a size modulus, and 'a' is the distribution modulus.

For batch ball mills operating at constant power input, Charles (4) showed that the energy 'E' expended in size reduction operations, or the grinding time, can be related to the parameters of the Gaudin-Schuhmann distribution function by the following equation:

$$E = \frac{t}{M_o} A\, k^{-a} \qquad \text{II}$$

where t is the grinding time, M_o is the mass of material ground in the mill, and A is a constant. Charles (4) has already observed

1. Professor of Mineral Dressing, Azhar University, U.A.R.
2. Assistant Professor in Chemical Engineering, Cairo University, U.A.R.
3. Assistant Professor in Mining Engineering, Assiut University, U.A.R.

6.4. PRACTICAL VALUES OF C_1 :

The above calculated values of C_1 are the theoretical optimum ones. Introducing the effect of the overlaping and the splices of the flange plates and refering to some solved examples, the practical values of C_1 could be considered as follows :

C_1 = 1.00 for girders with constant cross section.

= 0.85 for girders with once curtailed flanges.

= 0.80 for girders with twice curtailed flanges.

Table 1 : Values of the Factor $C = h_{opt.} / \sqrt{\frac{M}{f}}$

t	C								
mm	C_2 = 1.0			C_2 = 1.1			C_2 = 1.2		
	C_1			C_1			C_1		
	1.00	0.85	0.80	1.00	0.85	0.80	1.00	0.85	0.80
8	1.94	1.72	1.65	1.81	1.61	1.55	1.70	1.52	1.46
10	1.73	1.54	1.48	1.62	1.44	1.39	1.52	1.36	1.31
12	1.58	1.41	1.35	1.48	1.32	1.27	1.39	1.24	1.20
14	1.46	1.30	1.25	1.37	1.22	1.17	1.29	1.15	1.11
16	1.37	1.22	1.17	1.28	1.14	1.10	1.20	1.08	1.04
18	1.29	1.15	1.10	1.20	1.08	1.03	1.13	1.02	0.98
20	1.23	1.09	1.05	1.14	1.02	0.98	1.08	0.96	0.93

LITERATURE

1. BUZGA J. ; Hospodarnost svarovanych soumernych prurezu I namahanych ohybem. Inzenyrské stavby 5-1963, C.S.S.R.
2. BUZGA J. ; Optimalizace svarovanych prurezu I. VIII International Conference, Brno C.S.S.R. May 1967.
3. FALTUS F. ; Navrh a vypocet prutu ohybanych, hospodarny navrh. Prvky ocelovych konstrukci. Prague 1962.
4. FOUAD R. ; Nekolik poznamek k optimalizaci ocelovych konstrukci, VIII International Conference, Brno C. S. S. R. May 1967.
5. SCHINDLER A. ; Prispevek k ekonomice ocelovych konstrukci a mostu. Thesis for D.Sc. degree, Prague 1966.
6. SCHINDLER A. ; Uziti samocinnych pocitacu pri optimalizaci plnostennych a prihradovych ocelovych mostu. Sbornik vysokej skoly dopravenj v ziline, C.S.S.R. 8—1968.

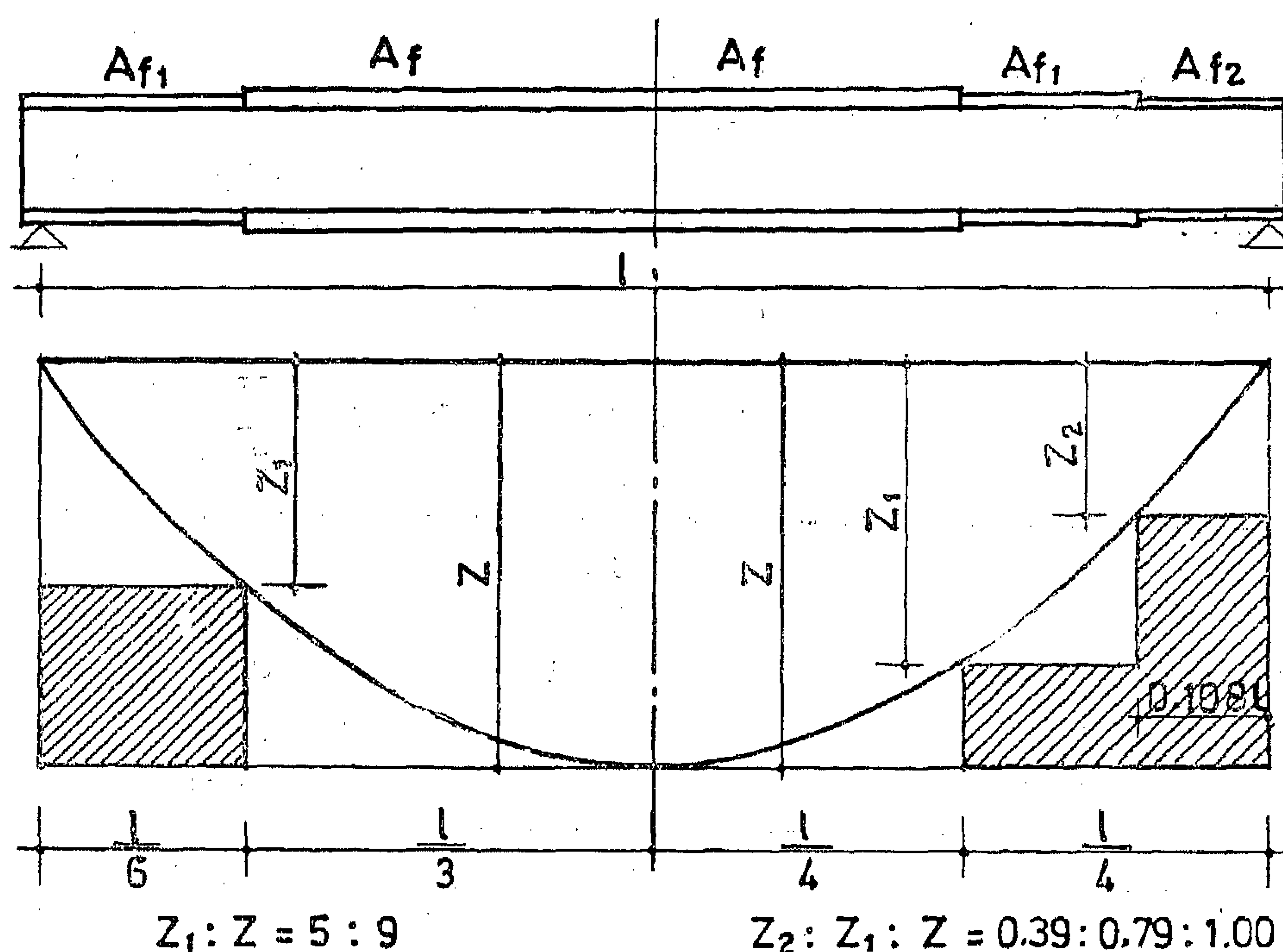


Fig. (12) Optimum once and twice curtailment of flange plates

we get ;

$$\frac{th}{A_f} = \frac{6C_1}{3C_2 - 2C_1} \qquad (12)$$

solving Eq. (8), (9), (10) and (12), we get;

$$\frac{A_{f_1}}{A_f} = \frac{15C_2 - 14C_1}{9\ (3C_2 - 2C_1)} \qquad (13)$$

substituting from Eq. (13) in Eq. (7), we get;

$$54C_1^2 - (81C_2 + 50)\ C_1 + 69C_2 = 0 \qquad (14)$$

solving Eq. (14) for the different values of C_2, i.e. :

$C_2 = 1$, 1.10 and 1.20, we get;

$C_1 = 0.79$

noticing that the effect of the changes in C_2, within its given values, on the value of C_1 is negligible.

6.3. GIRDERS WITH TWICE CURTAILMENT OF THE FLANGE PLATES

Refering to Fig. (12), we have :

$$C_1 = \frac{1}{A_f}\ (0.5A_f + 2 \times 0.142A_{f_1} + 2 \times 0.108A_{f_2}) \qquad (15)$$

and

$$\frac{Z_1}{Z} = 0.75, \quad \frac{Z_2}{Z} = 0.385 \qquad (16)$$

proceeding further as in 6.2., we get ;

$$C_1^2 - (0.9 + 1.5C_2)\ C_1 + 1.2C_2 = 0 \qquad (17)$$

solving Eq. (17) for the different values of C_2, i.e.

$C_2 = 1$, 1.10 and 1.20, we get;

$C_1 = 0.73$

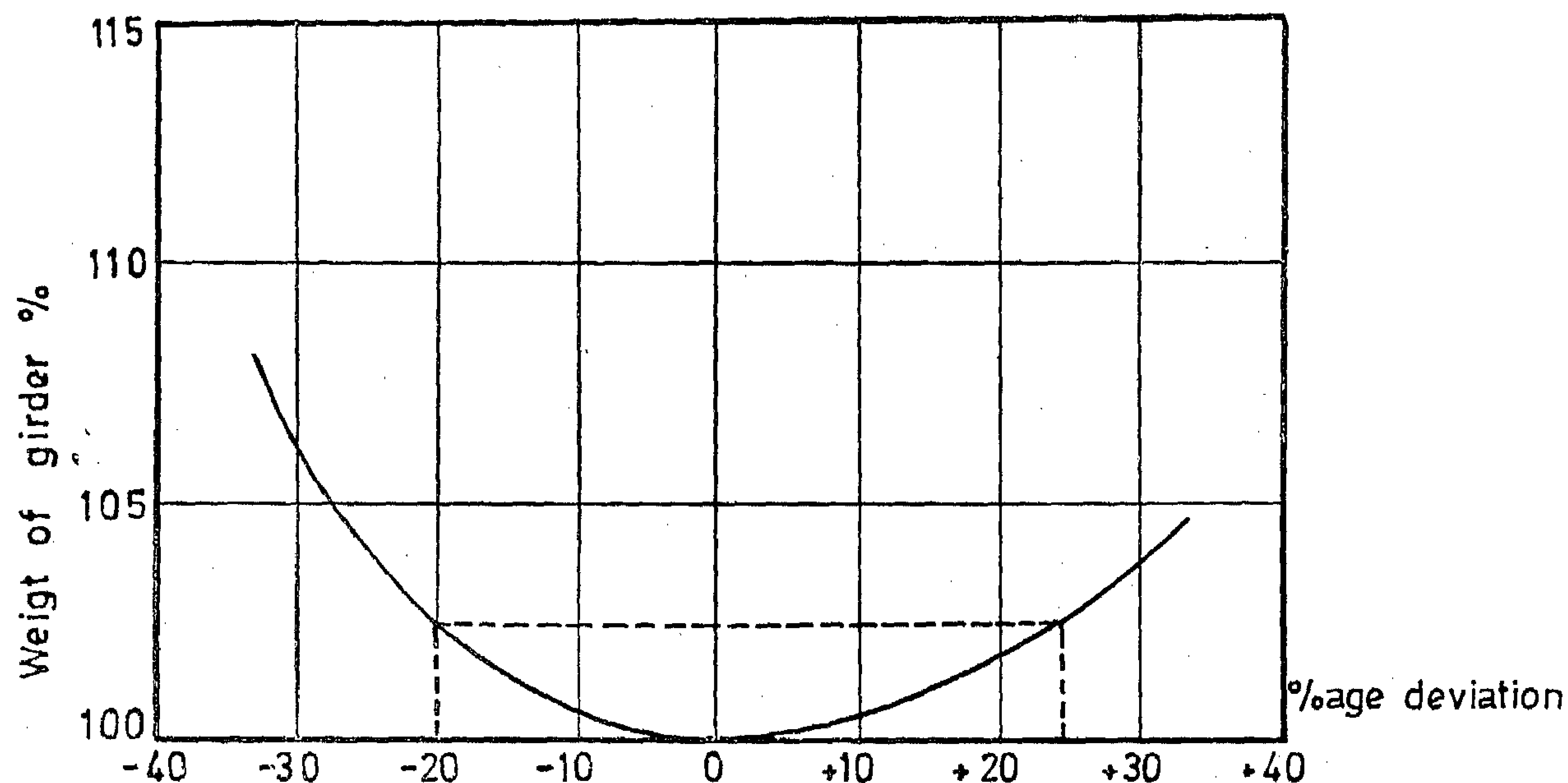


Fig. (11) Effect of the deviation from the optimum depth on the weight of the girder

This shows that the optimum value of the factor K giving the ratio between the optimum depth and the span of the girder is a function of the variables w, f, t, C_1 and C_2.

6. *Appendix :*

Determination of the Values of the Factor C_1 :

The optimum curtailment of the flange plates, once and twice, and the corresponding section modulii are as given in Fig. (12).

6.1. *GIRDERS WITH CONSTANT CROSS SECTION :*

In this case the flange plates area is constant all through the girder, thus we find that:

$$C_1 = 1$$

6.2. *GIRDERS WITH ONCE CURTAILMENT OF THE FLANGE PLATES*

Refering to Fig. (12), we have :

$$C_1 = \frac{1}{A_f}\left(\frac{2A_{f1}}{6} + \frac{2A_f}{3}\right)$$

$$= \left(\frac{2A_{f1}}{6A_f} + \frac{2}{3}\right) \qquad (7)$$

but the value of $\frac{A_{f1}}{A_f}$ could be deduced as follows :

$$\frac{Z_1}{Z} = \frac{5}{9} \qquad (8)$$

$$Z = \frac{th^2}{6} + hA_f \qquad (9)$$

$$Z_1 = \frac{th^2}{6} + hA_{f1} \qquad (10)$$

$$A_f = \frac{M}{fh} - \frac{th}{6} \qquad (11)$$

substituting in Eq. (11) for the value of M as given by the relation of Eq. (4);

$$h = h_{opt.} = \sqrt{\frac{2C_1M}{ft\left(C_2 - \frac{C_1}{3}\right)}}$$

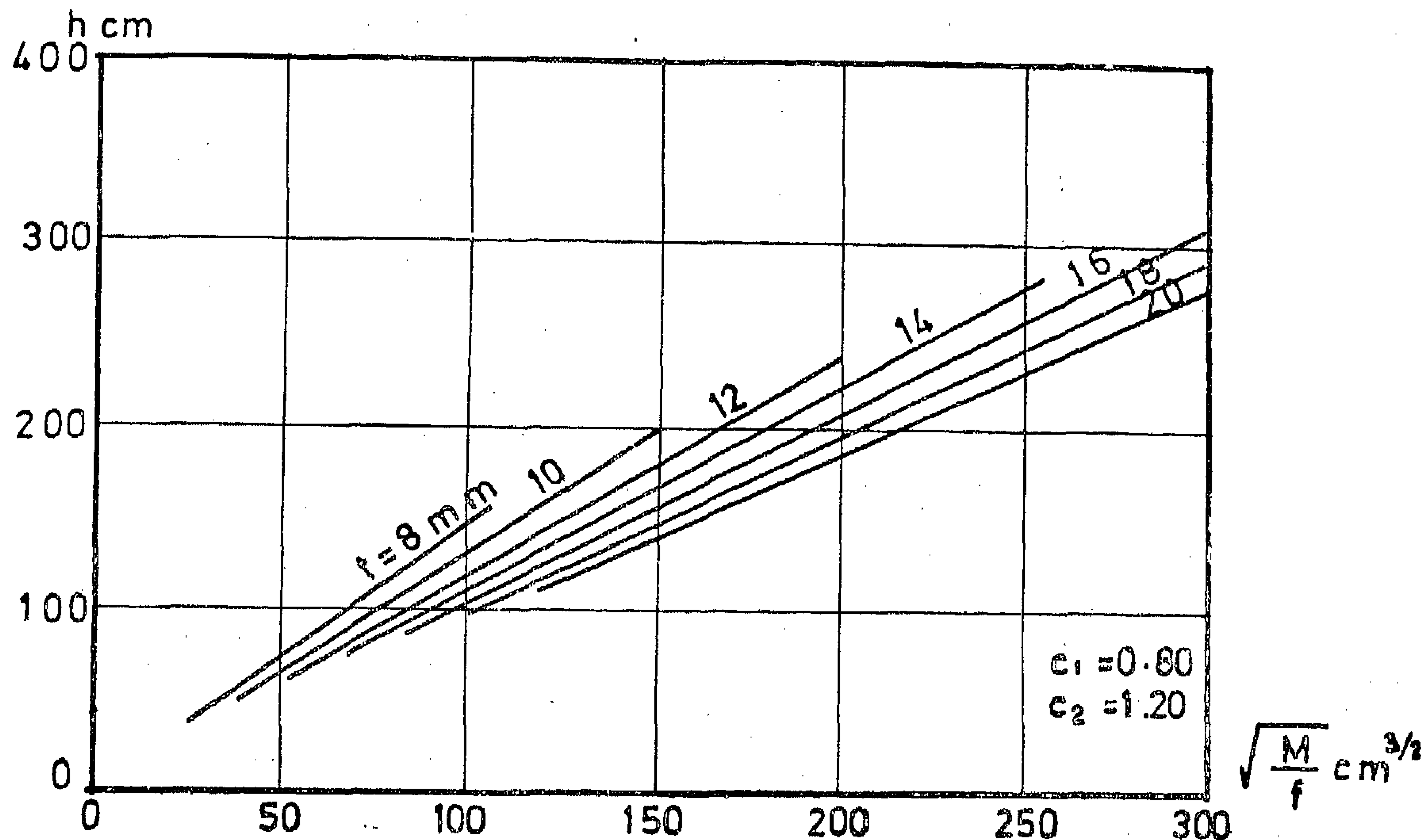


Fig. (10) Optimum depth for long span heavily stiffened girders

3. *How to Use the Charts :*

Knowing the values of M and f, the category of the span of the girder, and the condition of the web stiffening, choose the suitable chart. Then for the value of $\sqrt{\frac{M}{f}}$, we can find a series of optimum depths, each one corresponding to a different value of t. The optimum solution corresponds to the minimum value of t satisfying the stability requirements of the web, within the permissible shear stress for the corresponding value of h. It is clear that such a method is very easy to use.

4. *Effect of the Deviation from the Optimum Depth on the Economy of the Girder :*

Studying the effect of the deviation from the optimum depth on the total weight of the girder, we get the relation represented in Fig. (11). The weight of the girder was given as a percent of its value at the optimum depth. It was observed through studying many cases that this pattern is approximately typical for all cases.

It is clear from Fig. (11) that within the range of a deviation of — 20 % to + 25 % from the optimum depth, the increase in the weight of the girder is within the limit of 2.5% which is practically small. Thus the designer has an optimum range for the depth of the girder achieving the most economic design.

5. *Conclusion :*

Using the given charts it is easy to determine the optimum girder depth and web thickness. At the same time, the discrepancy encountered in practice by choosing the depth of the girder as a ratio of its span, could be avoided. In fact, such empirical choice of the depth of the girder could lead to an uneconomic design. As can be seen from Eq. (4), $h_{opt.} = C\sqrt{\frac{M}{f}}$, but for the case of a girder subject to a uniformly distributed load w, $M = C_3 wl^2$, where C_3 is a constant depending on the statical conditions of the girder. Then ;

$$h_{opt.} = C\sqrt{\frac{C_3 wl^2}{f}} = Kl \qquad (6)$$

i.e.

$$\frac{h_{opt.}}{l} = K$$

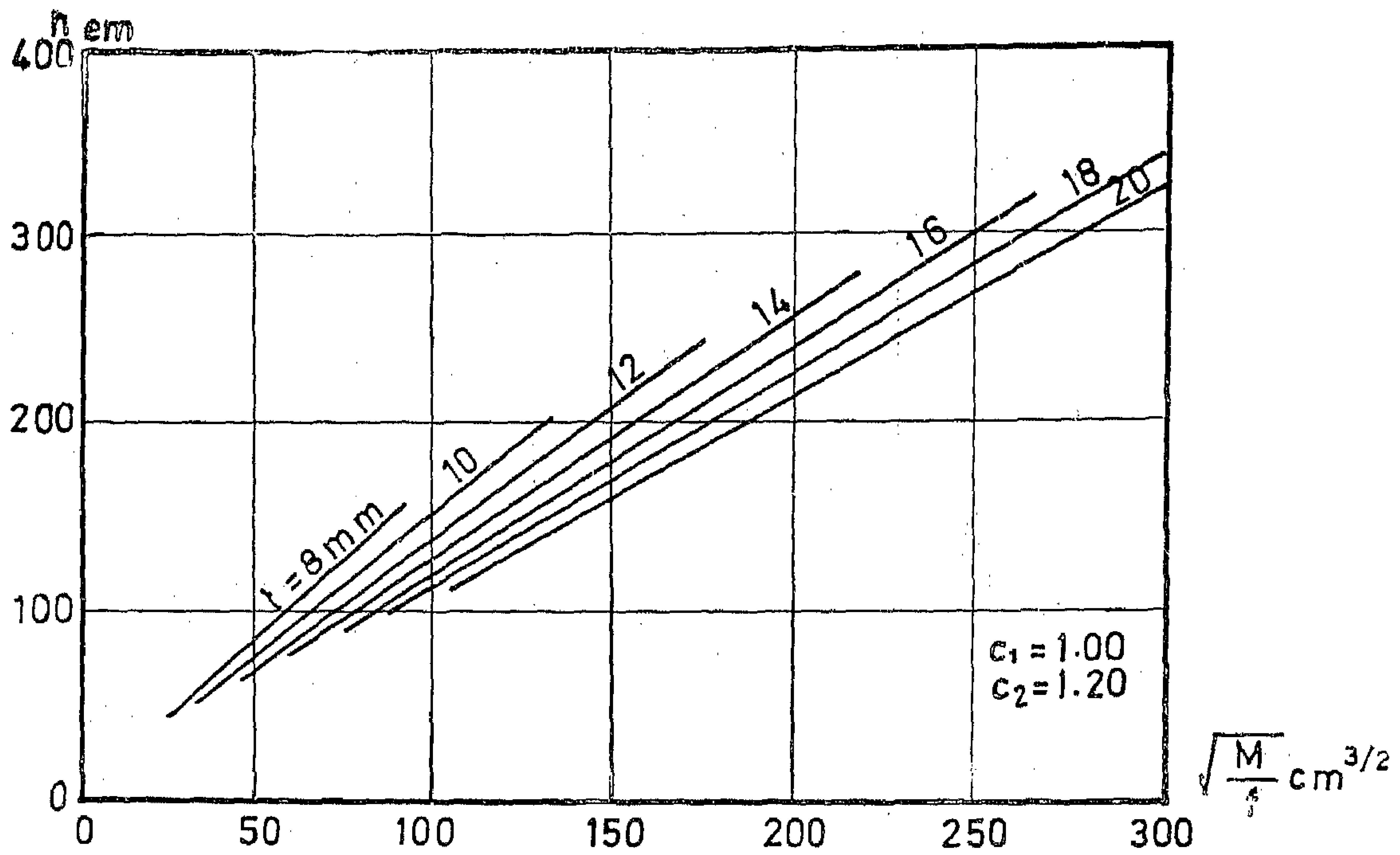


Fig.(8) Optimum depth for short span heavily stiffened girders

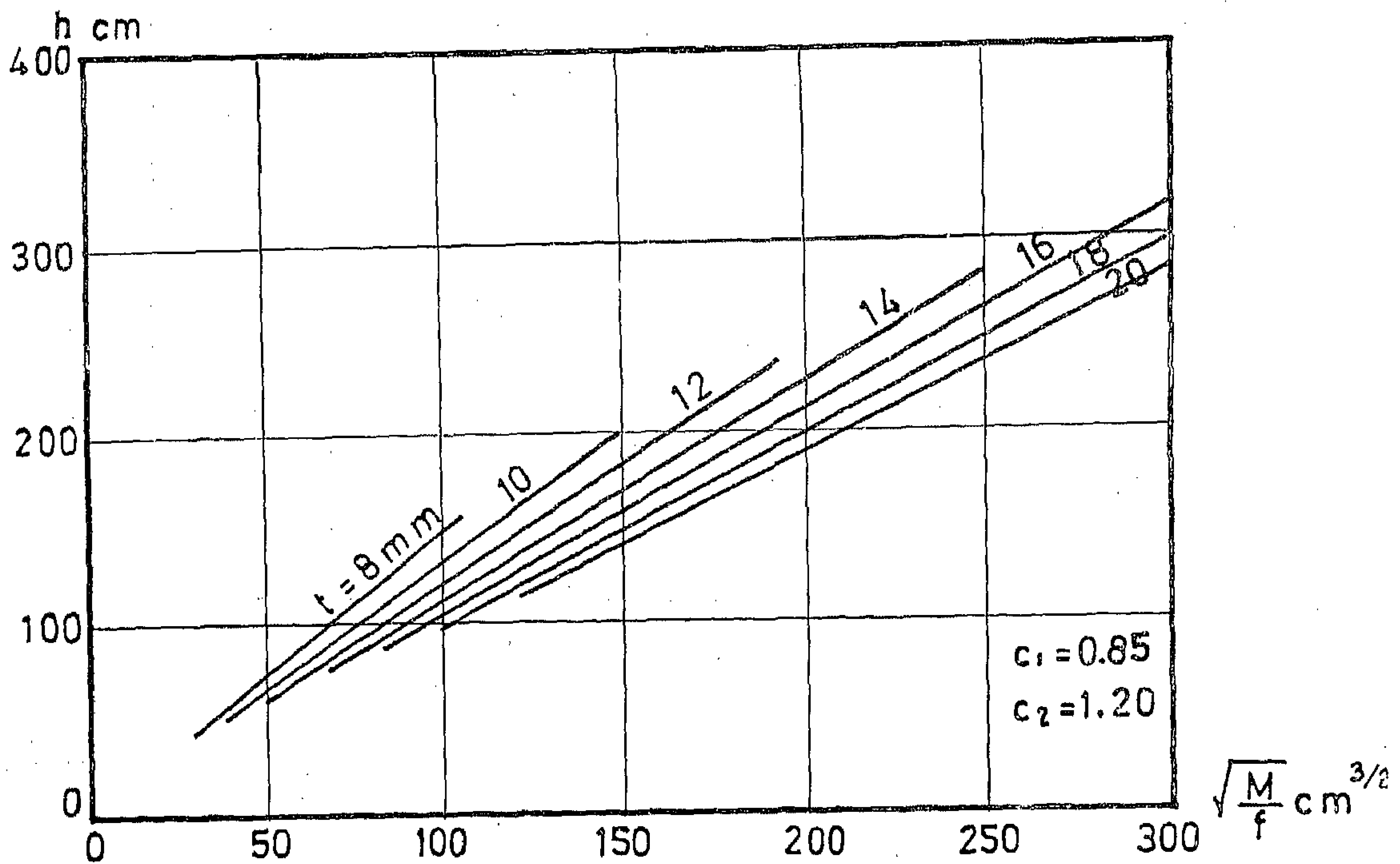


Fig.(9) Optimum depth for medium span heavily stiffened girders

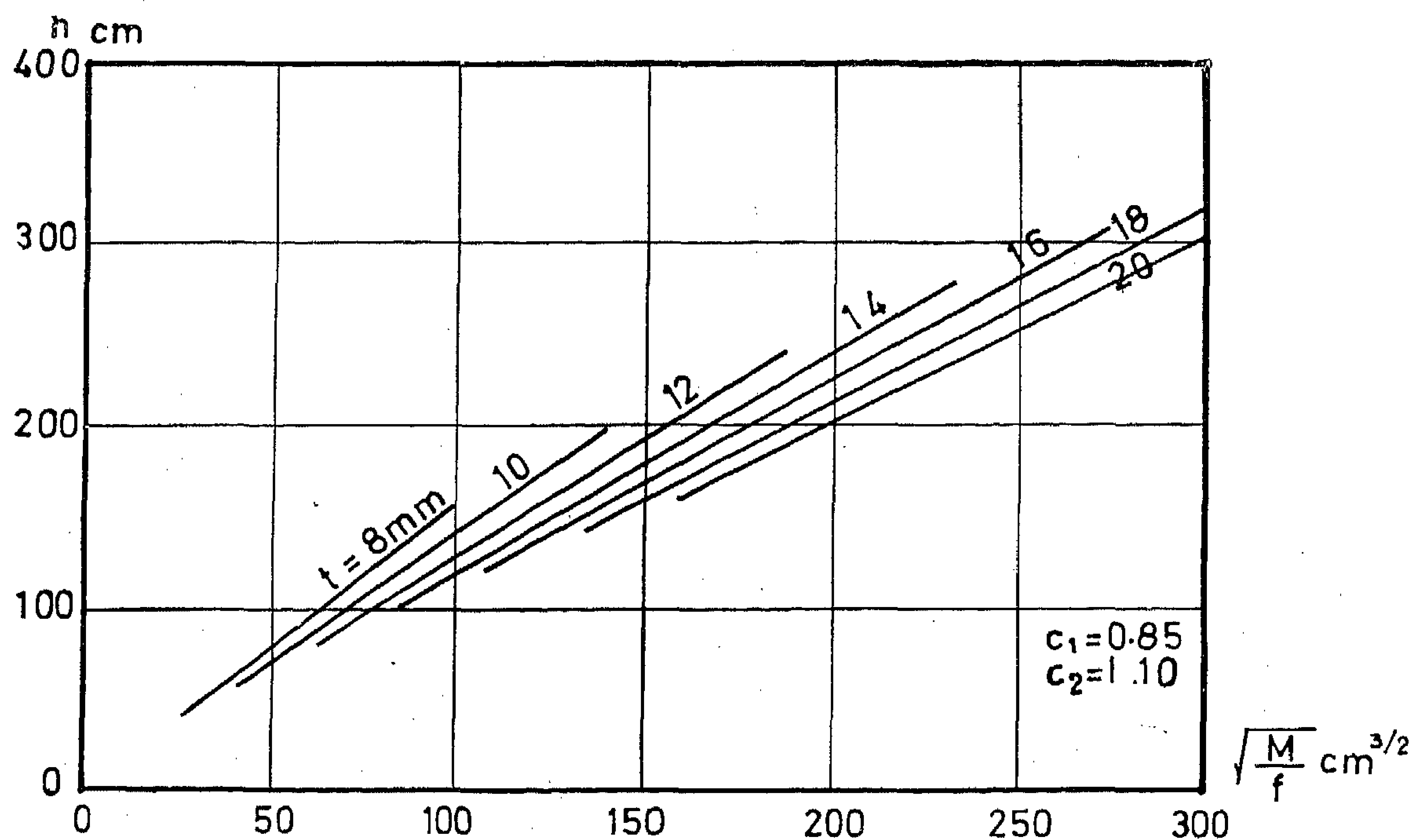


Fig.(6) Optimum depth for medium span lightly stiffened girders

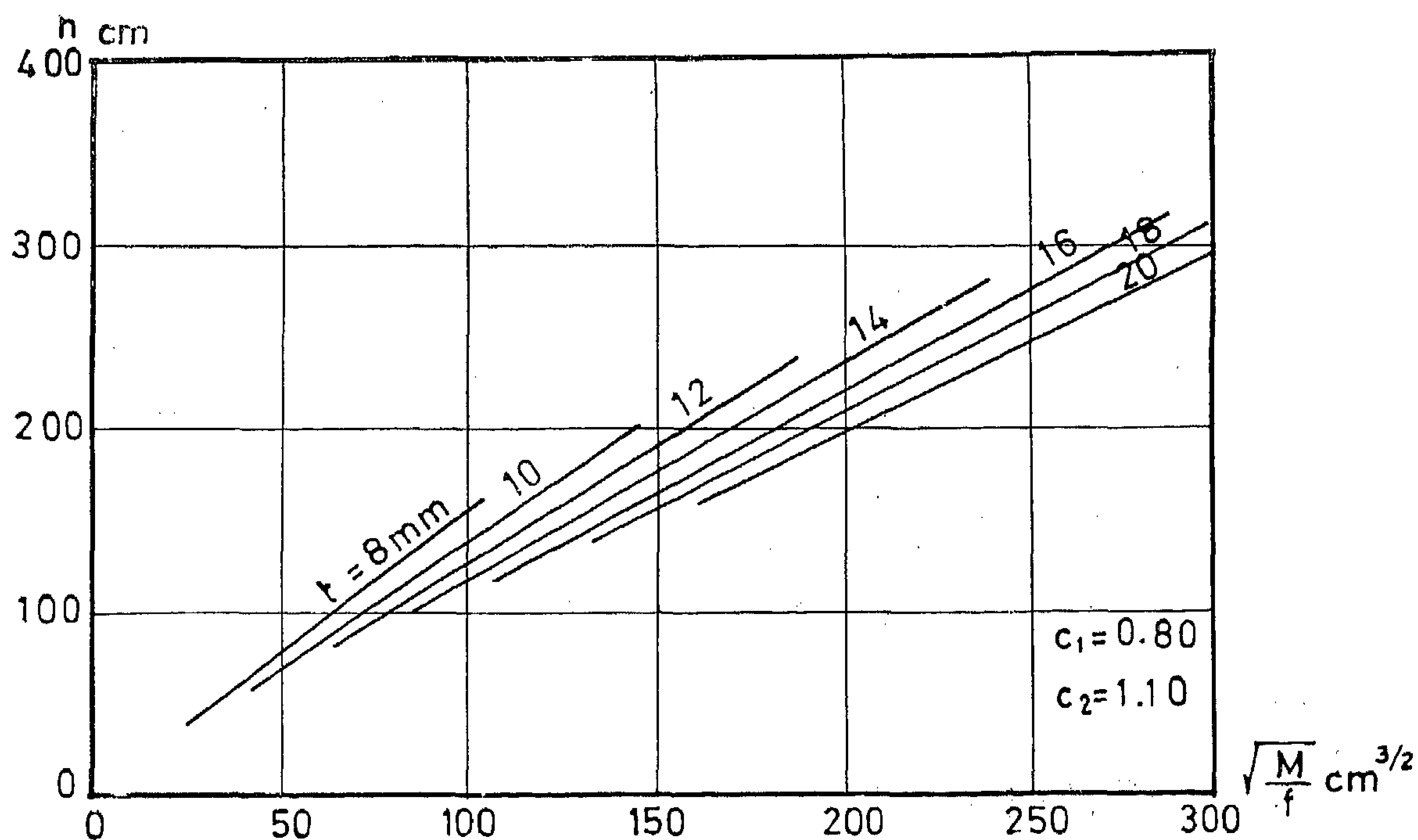


Fig.(7) Optimum depth for long span lightly stiffened girders

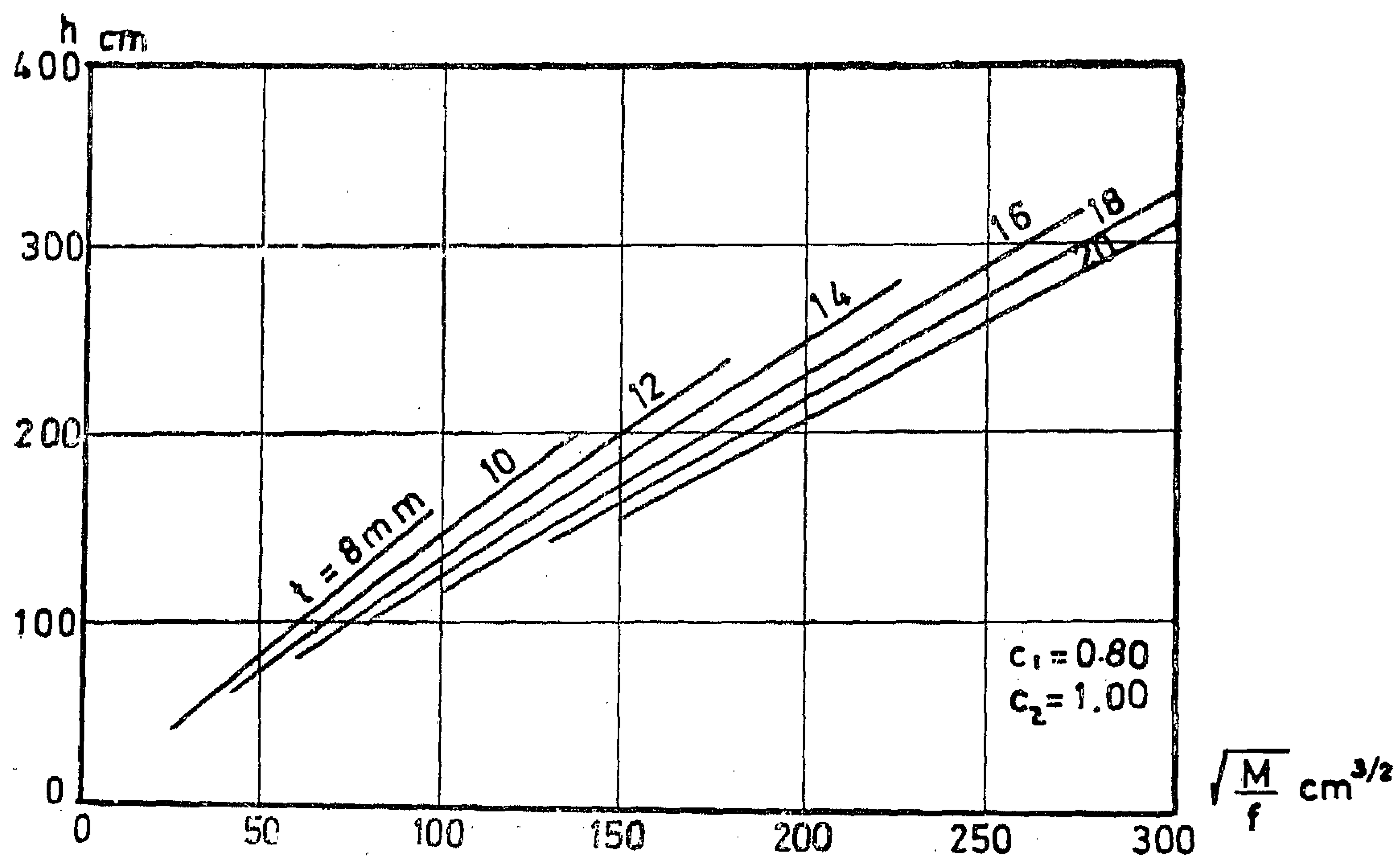


Fig.(4) Optimum depth for long span unstiffened girders

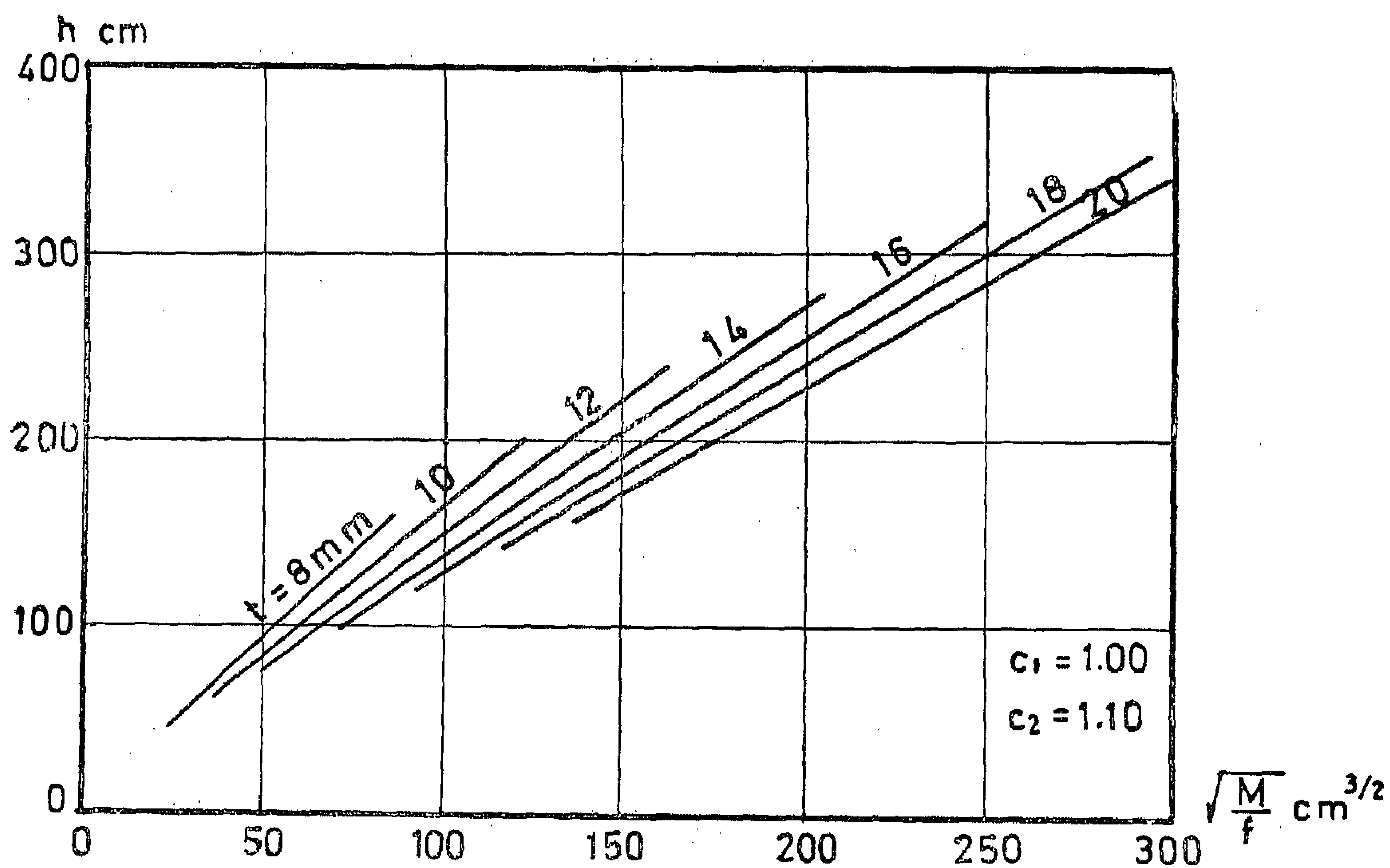


Fig.(5) Optimum depth for short span lightly stiffened girders

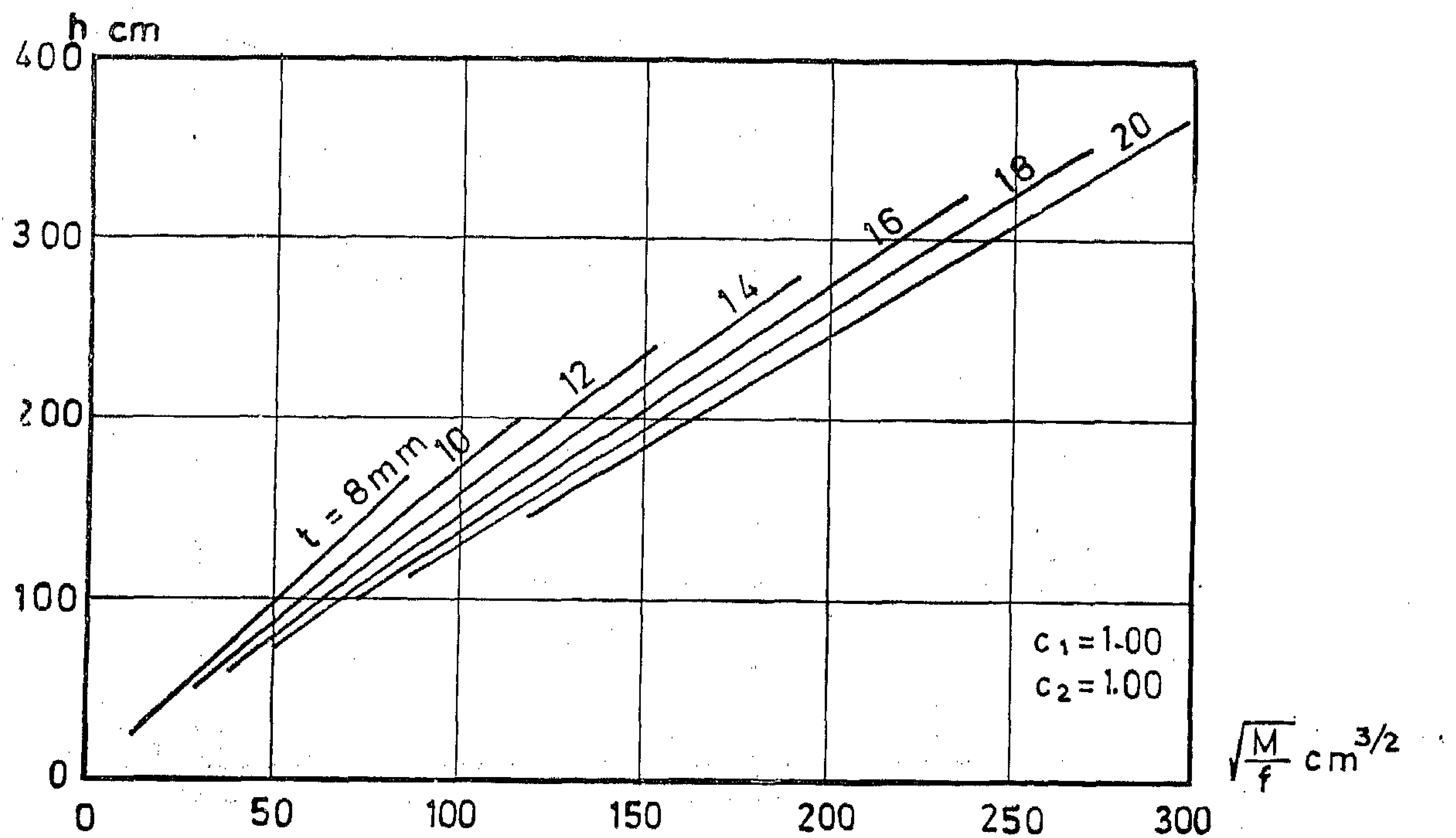


Fig. (2) Optimum depth for short span unstiffened girders

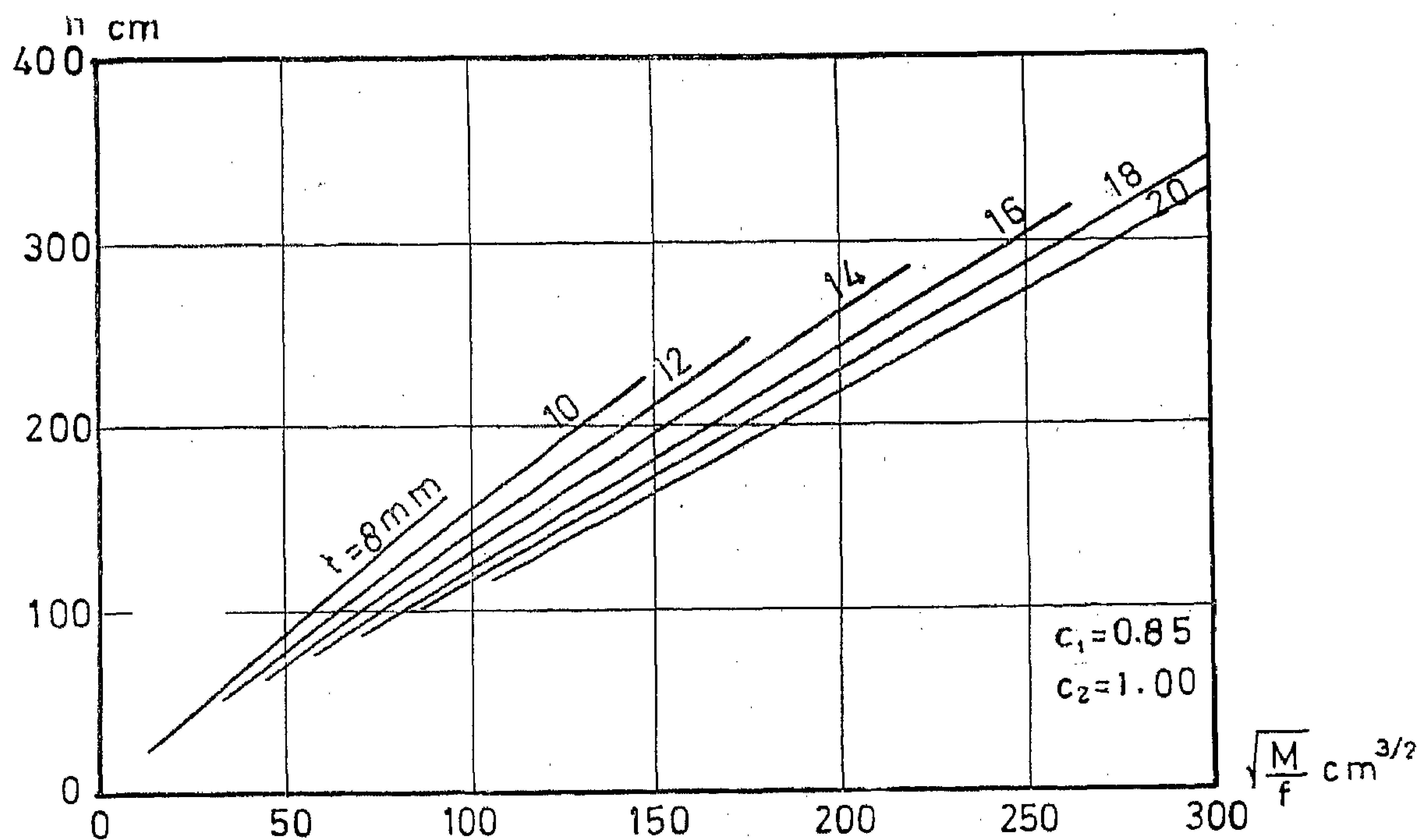


Fig.(3) Optimum depth for medium span unstiffened girders

M the maximum bending moment on the girder in Mp. cm.

f permissible stress of steel used in bending in Mp/cm^2.

$$I = \frac{th^3}{12} + A_f \frac{h^2}{2}$$

$$Z = h\left(\frac{th}{6} + A_f\right)$$

$$f = \frac{M}{Z} = \frac{M}{h\left(\frac{th}{6} + A_f\right)}$$

i.e.

$$A_f = \frac{M}{fh} - \frac{th}{6} \qquad (1)$$

The total weight of the girder is directly proportional to the average area of cross section $A_{av.}$, i.e. the optimum design corresponds to the minimum $A_{av.}$

$$A_{av.} = 2C_1 A_f + C_2 A_w \qquad (2)$$

where ;

C_1 a factor representing the effect of the reduction in the area of the flanges due to curtailment.

C_2 a factor representing the increase in the area of the web due to the effect of the stiffeners, taking into consideration the splices effect.

substituting from Eq. (1) into Eq. (2), we get :

$$A_{av.} = 2C_1 \left(\frac{M}{fh}\right) + th\left(C_2 - \frac{C_1}{3}\right) \qquad (3)$$

for $A_{av.}$ = minimum, $\frac{\delta A_{av.}}{\delta h} = 0.0$

i.e.

$$-2C_1 \frac{M}{fh^2} + t\left(C_2 - \frac{C_1}{3}\right) = 0.0$$

$$h = \sqrt{\frac{6C_1M}{ft(3C_2 - C_1)}}$$

$$= C\sqrt{\frac{M}{f}} = C\sqrt{Z} \qquad (4)$$

where ;

$$C = \sqrt{\frac{6C_1}{t(3C_2 - C_1)}} \qquad (5)$$

From Eq. (3) it is clear that the minimum value of $A_{av.}$ is that corresponding to a minimum value of the web thickness t. In fact, the minimum value of t is restricted by the stability and the shearing force in the girder requirements. Thus the optimum solution corresponds to the minimum value of t satisfying the stability requirements, within the permissible shear stresses.

From Eq. (4), it is clear that the optimum depth $h_{opt.}$ is directly proportional to $\sqrt{\frac{M}{f}}$ considering C as a constant. From Eq. (5), it is clear that C depends on C_1, C_2 and t. Practically, C_1 and C_2 take the following values :

C_1 = 1.00 for girders with constant cross section, i.e. short span girders.

= 0.85 for girders with once curtailed flanges, i.e. medium span girders.

= 0.80 for girders with twice curtailed flanges, i.e. wide span girders.

(for detailed calculations of these values see appendix.)

C_2 = 1.00 for unstiffened webs.

= 1.10 for lightly stiffened webs.

= 1.20 for heavily stiffened webs.

The combination of these different cases gives 9 values of C for each value of t. In table 1 are given the different values of C for each case for the practically used values of t ranging from t = 8 to 20 mm. The relation between $h_{opt.}$ and $\sqrt{\frac{M}{f}}$ is represented in the 9 charts of Fig. (2) to (10). Each chart corresponds to one combination of C_1 and C_2 for the different values of t.

OPTIMUM DESIGN OF WELDED PLATE GIRDERS SUBJECT TO SIMPLE BENDING

By

Eng. C.Sc. HAMDY A. MOHSEN
Lecturer, Faculty of Engineering
Ein-Shams University

Eng. C.Sc. RAOUF A. FOUAD
Lecturer, Mansoura Polytechnic Institute
U.A.R.

1. *Introduction :*

It is the aim of any designer to reach the construction for the structure under consideration such as to realise its requirements with the minimum cost of construction. This concern leads to the importance of studying the problems concerning the economy of the different systems and methods of construction. In designing steel structures, the main factor affecting the economy of the structure is its weight.

The importance of studying the economy of plate girders arises from the fact that they are frequently used for short as well as wide spans. For such structures, the main factors affecting the economy of the girder are its depth and web thickness. For this reason, it is important for the designer to know how to determine the optimum depth and web thickness whilst achieving minimum weight of the girder. Even if the depth of the girder is restricted by some factor other than that of economy, it is recommended that the designer know the optimum solution and the variation of the girder weight with respect to its depth to enable him to come as close as possible to the optimum solution.

This problem has been approached in different ways by different authors (see literature). In this paper, the writers have treated the problem by developing charts, Fig. (2) to (10), which could easily be used for determining the optimum depth of girder and its web thickness.

2. *Theoretical Approach :*

Considering the plate girder section shown in Fig. (1), assuming that :

- h depth of the girder in cm measured from centres of the flanges.
- t thickness of the web in cm.
- A_f area of top or bottom flange in cm².
- A_w area of web in cm²
- A total area of cross section in cm².
- $A_{av.}$ average area of cross section of the girder in cm², taking into consideration the web stiffeners and the effect of the curtailment of the flanges.

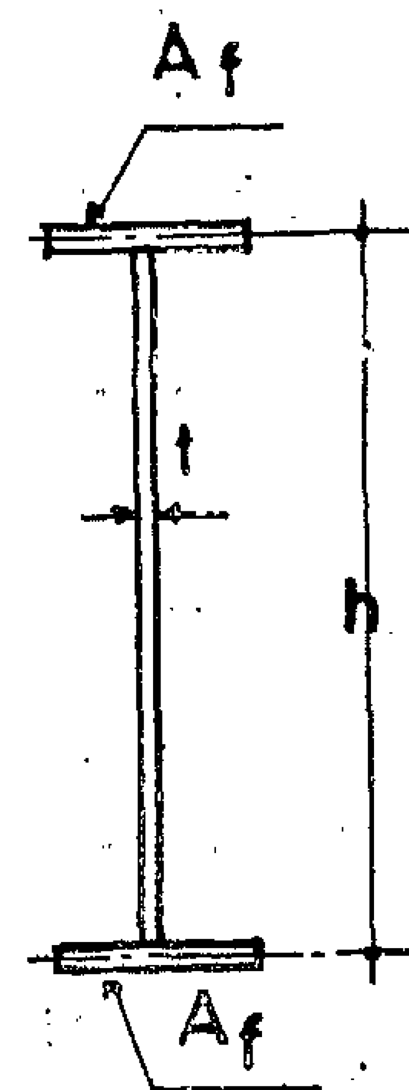


Fig. (1)

- I moment of inertia of the section in cm⁴.
- Z section modulus in cm³.

EDITING COMMITTEE

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretariat at the address of the Engineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T. 60 per annum.

Subscription for others P.T. 200 per annum.

HEAD OFFICE

Egyptian Society of Engineers,

28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

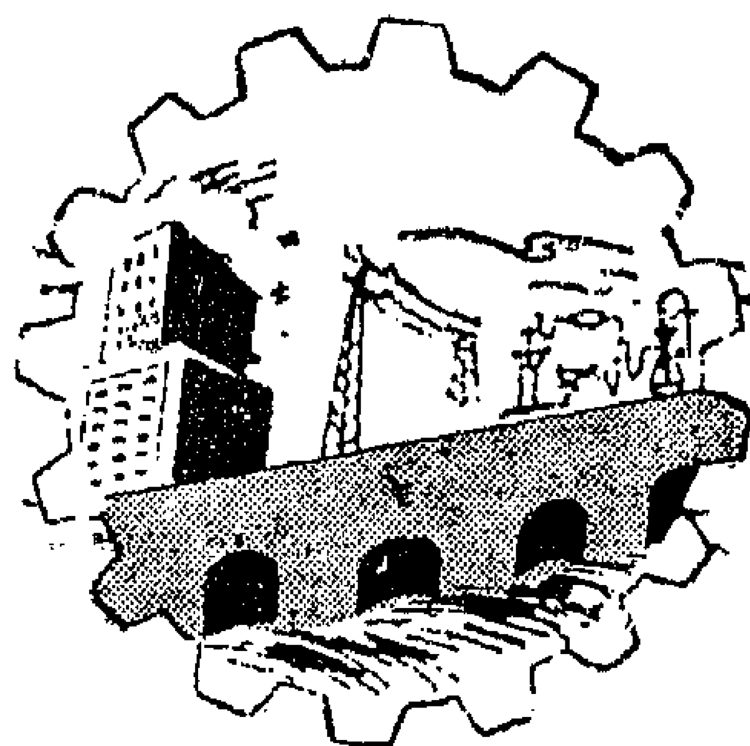
Vol. VIII — No. 4 October-November-December

CONTENTS

ENGLISH SECTION

ARABIC SECTION

"Mondiale" Press—Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U. A. R.

October-November-December 1969
Vol. VIII
No. 4